الجـــزء الاوّل

من

النزهة العقلية فى الطبيعة الطبية

تأليف

حضرة الدكتور محمد كامل الكفراوى

مدرس علم الطبيعة بمدرسة الطب

قررت نظارة المعارف العمومية بتاريخ ٧ يوليه سنة ١٨٩٥ نمرة ٤٦١
لزوم طبع هذا الكتاب على نفقتها وتدريسه بالمدارس الاميرية

(حقوق الطبع محفوظة للنظارة)

(الطبعة الاولى)

بـ[المطبعة] الكبرى الاميرية ببولاق مصر المحمية

سنة ١٨٩٥

افرنجيه

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذى جعل هذه الكائنات دليلا على وجوده وكمال قدرته وخص ماشاء بماشاء على مقتضى علمه وحكمته فلا يتحرك ساكن ولا يسكن متحرك الا بمشيئته وفى كل شئ له آية تدل على أنه الواحد ومن آياته الباهرة أن آثار الروح فينا ظاهرة ولم نهتد الى معرفة ذاتها وانما عرفناها بصفاتها فان بها تحريك أبداننا فى أعمالنا ولا سبيل الى انكارها مع مشاهدة آثارها

فالروح فينا ولم ندرك حقيقتها * فكيف ندرك ذات الواحد الصمد
وصنعه المحكم التدبير دل على * وجوده كدليل الروح فى الجسد

نحمده على ما أنعم ونشكره علمنا مالم نكن نعلم وصلى الله على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم

(أما بعد) فيقول راجى غفر المساوى الدكتور محمد كامل الكفراوى لما كان تطبيق الظواهر الطبيعية على الاعضاء من القوانين التى تحتاج اليها الاطباء فى استعمال آلاتها للتشخيص والعلاج والاستدلال بها على حالة وظائف الاعضا والمزاج وكنت من مدرسى هذا العلم بمدرسة الطب المصرية ولم أجد فيه كتابا وافيا مشتملا على الاستكشافات الحالية توكلت على الكريم الوهاب وبذلت جهدى فى تأليف هذا الكتاب وسميته (النزهة العقلية فى الطبيعة الطبية) نفع الله به القاصى والدانى فى ظل ساحة أفندينا ﴿عباس باشا حلمى الثانى﴾ ووفقه ورجال دولته الكرام لما فيه الاصلاح العام انه ولى الانعام

الدكتور محمد كامل
الكفراوى

الجـــزء الاوّل
من النزهة العقلية في الطبيعة الطبيعية

تعــــريف الطبيعة

الطبيعة عند المتقدمين هي الظواهر الطبيعية كالامطار والصواعق والزوابع ونحوها وأما عند علماء هـذا الزمان فهي القوى الطبيعية والظواهر الناتجة من تأثير تلك القوى في جميع الاجسام والزائلة عنـد زوال القوى المولدة لهـا والاسـباب التي لا تحدث تغـيرا مّا في تركيب الجسم

وأما التي لا تزول عنـد زوال القوى المولدة لهـا مع تغير في تركيب الجسم فهي من خواص علم الكيميا فمثلا اذا سخن جسم ارتفعت درجة حرارته وازداد حجمه واذا ترك حتى يبرد عاد شيأ فشيأ الى حرارته وحجمه الاصليين فان استحال الى صدإ فهي ظاهرة كيماوية وان لم يستحل فظاهرة طبيعية

ومن الظواهر الطبيعية ما يدرك بالحواس مباشرة وذلك كحدوث الصوت والضوء وتغير درجات الحرارة ومنها ما لا يدرك الا بتأثيره على الاجسام المجاورة وذلك كخاصية المغناطيس

المشاهدة والتجربة — المشاهدة هي معرفة الظواهر الطبيعية التي يمكن تطبيقها في بعض الاحوال ولو كانت من الظواهر التي يغلب حصولها في شروط بسيطة ويمكن تنويعها حسب الارادة وفصل تأثير كل منها على حدته فهذه تسمى تجربة

قوانين الطبيعة ونظرياتها — بالمشاهدة والتجربة يمكن تعين قوانين الظواهر الكائنة بين العناصر المختلفة كما يمكن تعين هـذه القوانين أيضا بمعادلة تجربية أو بواسطة الرسم ومن القوانين تعلم الظواهر لكن شغف الانسان بالعلم يمنعه عن الوقوف في هذا الحد بل هو يبحث عن طرق أخرى توصله الى معرفة الاسـباب الخفية التي تولدت عنها تلك الظواهر مع أن هـذه الاسـباب لم تزل خفية وبالبحث تصور علماء هذا الفن آراء لاجل توضيح الظواهر التي تشاهد ويمكن أن تكون هذه الآراء حقيقية لان منها ما تضح لنا جملة ظواهر يمكن بها تفسير ظواهر أخرى جديدة كانت غـير معلومة لنا ولم يكن لها أدنى ارتباط مع التي علمناها فمجموع هـذه القوانين والآراء المتعلقة بمسألة واحدة هو الذي يسمى نظرية

تقسيم علم الطبيعة — هـذا العلم ينقسم الى سـتة أقسام وهى الثقل والكهربائية والمغناطيسية والصوت والضوء والحرارة وكانوا يعتبرون قديما الكل واحد من هذه الاقسام أسبابا مختلفة ولكن الآن اقتصروا فيها على الممكن من النظريات واعتبروا ان هذه الظواهر نتيجة ظهور خواص مختلفة ناشئة عن سبب واحد وهذا يؤكد الارتباط المعلوم بين الاجزاء المختلفة من الطبيعة وان كان الوصول الى تعين وحدة القوى الطبيعية لم يزل بعيدا جدا ثم اننا نختار التقسيم المعتاد لتقريب التشابه كالصوت والضوء والحرارة

المادة وخواصها — مايدرك باحـدى الحواس الخمس أو بجملة منها يسمى مادة وهى تختلف فى الاجسام بسبب اختلاف أحوالها كاللون والشكل والرائحة وبهذه الاحوال تتصف الاجسام وتتميز عن بعضها والخواص العـامة للاجسام ثمانية وهى الحـيز وعدم التداخل وقابلية الانقسام والمسام وقابلية الضـغط والمرونة والحركة والانيرسيا لكن الغالب على المـادة من تلك الخواص هو الحيز وعدم التـداخل اذ لايمكن الحكم عليها بدون هاتين الخاصيتين غالبا وقد يمكن الحكم على المـادة بغيرهما

الحيز — هو خاصـية فى الاجسام تجعلها شاغلة لجزء محدود من الفضاء وان شئت قلت هو محل أقطار الجسم الثلاثة أعنى الطول والعرض والعمق أى السمك والفضاء هو الخلاء الموجود فيه جميع الاجرام المسماة بالعالم فلا يتصور العقل له حدا لانه لاغاية له وكل ما أمكن مسه من الاجسام لابد أن يشغل جزأ من الفراغ ولما كان الحيز مبهما لاتتضح دلالته الا بتعين جهاته حصروا جهات القياس فى أقطار الجسم الثلاثة الطول والعرض والعمق تعيينا لجهته وحيث ان الشئ لايكون طويلا أو عريضا أو عميقا الا بمقابلته بغـيره جعلوا المقاييس المعروفة أصـلا لتعـين المقـدار بالكيل والوزن والمساحة لاجل أن يزول الابهام ويتضح الامر

عدم التداخل — هو خاصية فى المادة بها لايمكن أن يشغل جسمان أو جزآن من مادة حيزا واحدا فى آن واحد وقد يتوهم فى بعض الظواهر حصول التداخل بين جسم وآخر مثلا اذا أضيف لتر من الكؤل على مثله من الماء شوهد أن قدر المخلوط أقل من لترين كما يحصل مثل ذلك فى المخلوط المكون من الماء وحمض الكبريتيك المركز وفى مخاليط بعض الفلزات كالمكون من الخارصين والنحاس أو من الذهب والرصاص الى غير ذلك فهذه المخاليط وان كان كل منها يشغل حيزا أقل من الحيز الذى يشغله كل واحد على حدته لكن لايقال انه حصل تداخل فى أجزائها بل يقال انها تمازجت حتى نفذ أكثرها صلابة فى مسام أقلها صلابة وأما دخول سن السهم

أو المسمار فى الخشب فهو فى الخلو الحاصل من تبعيده أجزاء الخشب لا فى نفس الاجزاء وأما دخول الماء فى نحو الاسفنج والطباشير فلحلول فى المسام الموجودة بين الاجزاء ويشاهد أيضا عدم التداخل فى الموائع فلو غمرت يد فى أناء مملوء بالماء شوهد ارتفاع السائل ولو ملئت زجاجة ماء وسدت سدا محكما ثم نفذ فيها سلك من حديد الى باطن الماء لانكسرت الزجاجة وذلك لان السلك بحلوله فى باطن الزجاجة يلجئ أجزاء الماء الى التباعد كى يجد له حيزا يحل فيه والماء يكاد أن لا يقبل الانضغاط فحينئذ تنكسر الزجاجة وكذا بخار الماء المنتشر فى الهواء يأخذ حيزا بين أجزاء الهواء وجميع الاجسام المذابة فى الماء تأخذ حيزا بين أجزاء الماء المذيب لها بحيث ان كلا منها يكون حافظا للمسافة اللازمة له وتظهر هذه الخاصية أيضا فى الغازات وان كانت كثيرة القبول للانضغاط ولذا اذا غمرنا ناقوسا مملوأ بالهواء فى الماء لم يصعد الماء فى باطن الناقوس الا قليلا منه فاذا وضع على سطح الماء قطعة من خشب الفللين عليها سراج ثم وضع فوقها هذا الناقوس وضغط عليه أمكن أن يستمر السراج متقدا فى الناقوس أسفل ارتفاع السطح الظاهر للماء مادامت كمية الاوكسيجين الموجودة فى هواء الناقوس كافية لادامة الاحتراق وعلى هذه الخاصية أسس ناقوس الغواصين

التجزئ أى قابلية الانقسام — هى خاصية من خواص المادة بها يمكن انقسامها الى أجزاء فى غاية الدقة لا تقبل القسمة فالجزء الذى لا يقبل القسمة يسمى الجوهر الفرد أو الذرة ولا شك فى أن الاجسام يمكن تجزئتها تجزئة ميخانيكية الى أجزاء دقيقة جدا كأنها أحيلت الى مسحوق لا تدرك أجزاؤه باللمس ولا فى أن الجواهر ذوات الرائحة يتطاير منها أجزاء دقيقة جدا تؤثر فى حاسة الشم فاذا تأملنا فى المسك مثلا رأينا ان القمحة منه تبقى أجزاؤها الرائحية مدة سنين فى محل يتجدد هواؤه من غير أن يظهر فى وزنها نقص محسوس وكذا الكافور والادهان الطيارة يتصاعد منها جزيئات تثبت قبولها للتجزئ بكثرة واذا طرق الذهب استحال الى أوراق دقيقة جدا وقد فعل منه أوراق ثخنها $\frac{1}{10000}$ م وقد سحب (وولاستون) الانجليزى سلكا من البلاتين لا يكاد يدركه البصر وكانت وحدة قطره جزأ من ألف ومائتى جزء من المليمتر وان الكيلومتر منه لا يزن سوى أربعة أو خمسة سنتيجرام واذا أذيب مقدار من اللعل استحال الى جزيئات عديدة

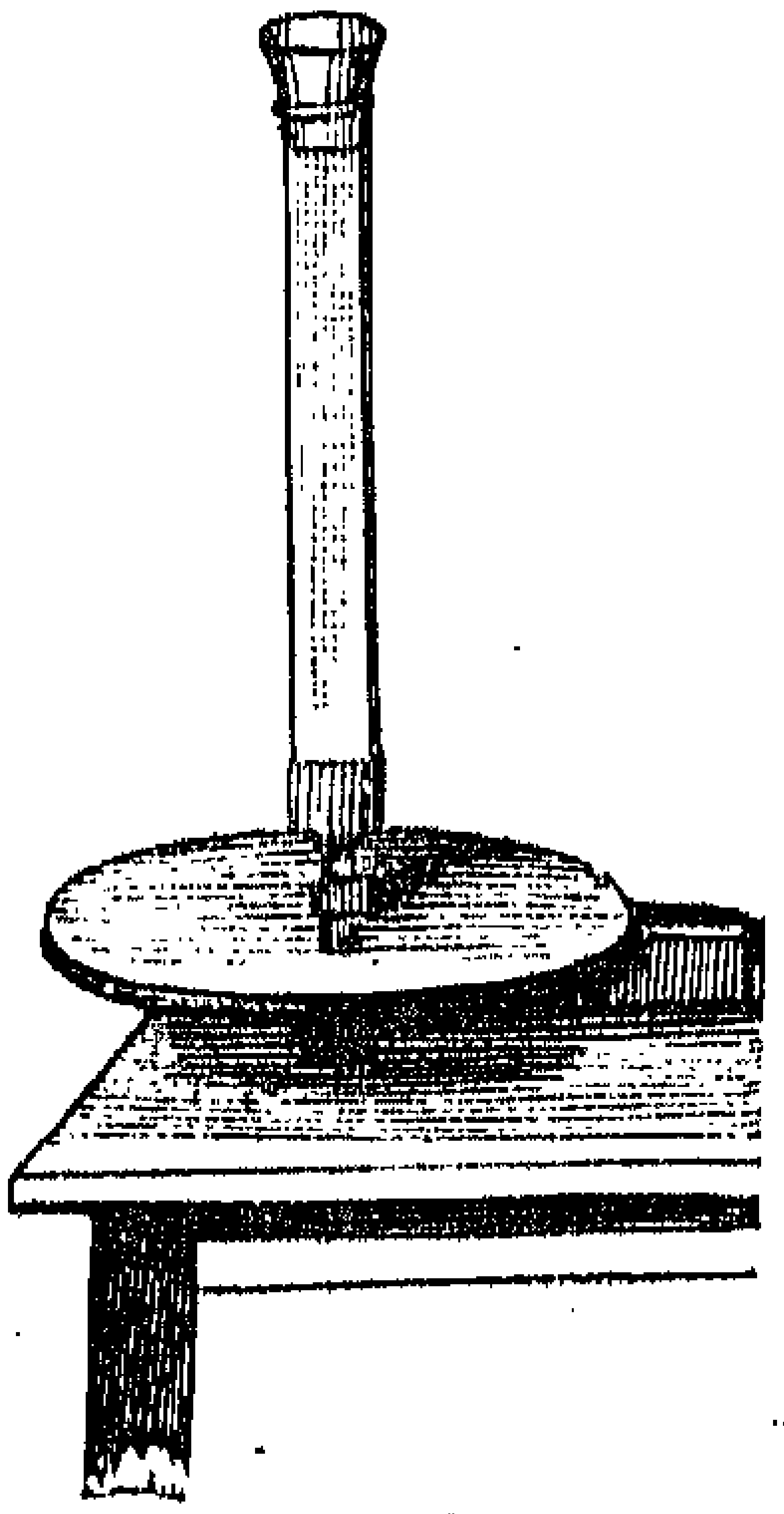
المسام — هى خاصية من خواص المادة فهى عبارة عن الخلو الذى بين أجزائها سواء كان كبيرا أو صغيرا وهذا الخلو يكون فى الاجزاء النامية الحيوانية والنباتية مملوأ بالسوائل وفى غيرها مملوأ بالغازات واختلاف المسام بالكبر والصغر والكثرة والقلة هو السبب

فى اختــلاف زنة الاجسام المتساوية فى الحجم الظاهرى الذى هو المادة مع المسام وأما الحجم الحقيقى فهو كمية مادة الجسم بقطع النظر عن المسام

والكثافة هى تراكم أجزاء الجسم المادية فى حجم ولذا كان المكعب من الذهب أكثف من مكعب مماثل له من خشب الفلين والحرارة لا تمدد الاجسام الا من مسامها فتتباعد أجزاء الجسم عن بعضها

وكل الاجسام ذوات مسام وان كانت لا تتضح فى كثير منها كما تتضح فى الاحجار والاخشاب وجلد الحيوانات يحتوى على مسام كثيرة يحصل منها التبخير الجلدى والافرازات والامتصاص

ويتحقق وجود المسام بواسطة جفنة صغيرة (شكل ١) قاعها مغلق بقطعة من جلد تعلوا انبوبة من زجاج ينتهى طرفها السفلى بقاعدة من نحاس تتركب على قرص الآلة المفرغة فيصب فى الجفنة الصغيرة قليل من الزئبق ثم يفعل الفراغ فى الانبوبة التى من الزجاج أى يستفرغ منها الهواء فتى ضغط الهواء الجوى على الزئبق جبره على النفوذ من خلال القرص الجلدى على هيئة المطر النضى وبذا نتحقق من وجود المسام فى الجلد فاذا استبدل الجلد بقرص من الخشب مقطوع قطعا رأسيا على الالياف كانت النتيجة واحدة وكذا اذا غمرت قطعة من الطباشير فى الماء شوهد فقاقيع على سطح الماء وما ذلك الا من صعود الهواء الذى كان منحصرا فى المسام وطرده الماء الذى حل فيها بدليل انه اذا وزن الطباشير قبل العملية وبعدها يعلم ان وزنه ازداد كثيرا بعد العمل وبهذه الكيفية يمكن قياس الحجم الكلى للمسام على حسب وزن الماء الممتص



ش ١

والفلزات وان كانت مندمجة تحتوى على المسام أيضا وقد تحقق ذلك بأخذ كرة من الذهب صغيرة مجوفة ذات جدار رقيق وملئها بالماء البارد وسدها سدا محكما ثم بالطرق عليها من جميع الجهات كان يشاهد نضح الماء من المسام على هيئة المطر ويتحقق وجودها أيضا فى المائع بواسطة الانضغاط كما فى تجربة الفلزات ويتحقق وجود المسام فى الهواء والغازات بنقصان حجمها اذا ضغطت فينتج مما قلناه ان المسام توجد فى الموائع والجوامد والغازات

استعمال المسام — للمسام استعمالات كثيرة خصوصا في الترشيح الذي هو عملية يقصد بها صفاء السائلات وتصنع المرشحات إما من الورق اليوسفي أي الخالي عن النشا أو من الصوف أو الخزف أو الفحم أو الرمل أو الزجاج ونحو ذلك وهناك طريقة أخرى مؤسسة على المسام وهي فصل أحجار كبيرة من جبل صلب بكيفية مخصوصة بأن يصنع فيه أولا ميازيب ثم يدخل فيها بالقهر قطع من الخشب جافة جدا ثم يصب عليها الماء فيدخل في مسامها فينتفخ الخشب وبهذه الكيفية تنفصل الاحجار كتلا عظيمة

قابلية الضغط — هي خاصية للاجسام بها تكتسب حجما أصغر مما كانت به قبل الضغط وبواسطة ذلك تتقارب الاجزاء ويضيق اتساع المسام فالانضغاط يثبت وجود المسام أيضا لأن الجسم لا يقبل الضغط الا اذا كان ذا مسام والانضغاط واضح جدا في الاسفنج والصمغ المرن وخشب الفللين والورق والاقمشة والفلزات قابلة للانضغاط أيضا ومما يثبته تكون الصور على الدنانير وعلى الميدايل أي نياشين الافتخار بالضغط

وأما السائلات فطالما اعتبروها غير قابلة للانضغاط مع أنها تقبله لكن بقلة كما أثبت ذلك (أرستيد)

وأما الغازات فأكثر الاجسام قابلية للانضغاط لانها تستحيل بالضغط القوي الى حجم أقل من حجمها الاصلي اذ يشاهد أن حجمها نقص بالضغط الثلث أو النصف أو ثلاثة أرباعه بحسب قوة الضغط

وللغازات حد متى تجاوزته لا تبقى غازية مثال ذلك الاندريد كربونيك والايدروجين المكبرت وغاز النوشادر ونحوها

المرونة — هي خاصية للاجسام بها تكتسب شكلها وحجمها الاصلي من نفسها متى زال تأثير القوة المؤثرة فيها سواء كانت هذه القوة ضغطا أو ثنيا أو ليا أو جذبا فينتج من ذلك أربعة أنواع من المرونة وهي مرونة الضغط والانثناء واللي والجذب فالاولى تشاهد في الغازات والثانية في الصفائح التي من الفولاذ والثالثة في خيوط القنب والكتان والرابعة في أوتار العود والقانون ومهما كان نوع المرونة فهي نتيجة تحويل الجزيئات عن بعضها فاذا تقاربت هذه الجزيئات بالضغط فان قوة الحرارة المنفرة تبعدها واذا تباعدت فان الجذب الجزيئي يقربها مثال ذلك اذا حنيت صفيحة من الفولاذ فان الجزيئات التي نحو الجزء المقعر من الصفيحة تكون منضغطة فيكون بينها تنافر والجزيئات التي نحو الجزء المحدب منها تكون متباعدة تميل الى التقارب فمتى تركت الصفيحة ونفسها استقامت كما كانت بسبب هاتين القوتين المتضادتين

وهما التنافر والتجاذب والغازات أكثر الاجسام مرونة ثم يليها الفولاذ المسقى والصمغ المرن وسيب الخيل والعاج والرخام والزجاج وللمرونة حد فى الاجسام الصلبة متى تجاوزته تبددت أولا تكتسب شكلها أو حجمها الاصـلى ولا يوجد هذا الحد فى الغازات ولا فى السائلات فانها تعود الى حجمها الاصلى دائمـا ان لم تصل قوة الضغط فى الغازات الى درجة سيولتها

استعمـال المرونة ــ للمرونة جملة استعمالات فالسدائد التى من خشب الفللين تسد الزجاج سدا محكما فاذا أدخلت واحدة منها فى فم زجاجة بالعنف انضغطت على نفسها ولكونها مرنة يزداد حجمها فتمنع خروج السائل من الزجاجة ودخول الهواء فيها

التمدد ــ هو خاصية بها يعظم حجم الجسم اذا ارتفعت درجة حرارته فاذا برد نقص حجمه والتمدد ونقصان الحجم فى الاجسام الصلبة يكونان بقوة شديدة وسنتكلم على التمدد مع الايضاح فى باب الحرارة ان شاء الله

الانيرسيا أى القصور الذاتى ــ قد اعتبروا فى أزمان بعيـدة ان المادة عديمة الحركة أى لا تتحرك من نفسها فالساكن مسـتمر على سكونه حتى تأتيه قوة تحركه والمتحرك مسـتمر على حركته حتى تأتيه قوة تبطئ حركته أو تنوعها فالمادة ليس لها حركة من ذاتها اذا كانت ساكنة ولا سكون من ذاتها اذا كانت متحركة وحينئذ اذا تحرك الجسم بحركة بقى فيها الا اذا حصل له مانع يوقفه كما يحصـل ذلك فى كرة من عاج دحرجت على طاولة البليار فاذا سكنت بعـد ذلك لا يقال ان هذا ناشئ عن ميلها للسكون أكثر من ميلها الى الحركة بل السبب فى سكونها المحاكة مع الجوخ المغطى البليار ومقاومة الهواء بدليل ان قلة المقاومة توجب قوة الحركة فعلى هذا اذا تحرك الجسم فى الفراغ بحركة استمر عليها الى مالانهاية لانه لاشئ هنالك يوقفـه فكل من الارض والكواكب متحرك دائما بحركة سنوية مستمر عليها

ولكل قوة أربعة خواص هى شـدتها واتجاهها ونوعها ونقطة تأثيرها فمثلا جسم فى حالة حركة يمكن حدوث حركة أخرى فيـه بجذبه بحبل لكن ذلك ليس دائمـا وفى هـذه الحالة النقطة التى يربط فيها الحبـل تكون هى نقطة تطبيق القوى وكذلك اتجاهه ونوعه يدل على اتجاه ونوع القوة وعظم المجهود الذى يلزم لجذب الحبل يدل على الشدة

الخواص العـامة للاجسام

للاجسام ثلاثة أحوال جامدة وسائلة وغازية وبعض الاجسام توجد فيـه الثـلاثة أحوال بدون تغيير فى طبيعته مثـال ذلك الماء والكبريت ونحوهما فانهما يستحيلان

من الحالة الصلبة الى السائلة ومنها الى الغازية والعكس بحسب تسخينهما أو تبريدهما ومن المعلوم ان جميع الاجسام الصلبة يمكن بازديادا لحرارة أن تستحيل على التعاقب الى الحالة السائلة ثم الغازية وتعود ثانيا بالتبريد من الحالة الغازية الى السائلة ثم الى حالتها الاصلية وقد يوجد حقيقة أحوال طبيعية أو كيماوية تمنع هذه الاستحالات كما ان بعض الاجسام لا يكون الا على الحالة الصلبة وذلك مثل الكربون والجير والمانزيا ونحوها ولم يتحصل الا على ليونة الكربون بوضعه تحت تأثير حرارة عمود كهربائى مكون من خمسمائة زوج وهناك أجسام أخر لا تكتسب الا الحالة الصلبة والسائلة كالزيوت الثابتة ومنها ما كان يظن قديما أنه لا يكتسب سوى الحالة السائلة والغازية مثل الكؤل وكبريتور الكربون والحال انه فى سنة ١٨٨٤ قد توصلوا الى احالتهما الى الحالة الجامدة بوضع الاول فى برودة قدرها ١٣٠ درجة تحت الصفر والثانى فى درجة ١٦٠ تحت الصفر وقد تحصل على هذا التبريد العظيم المعلم (فروبليوويسكى) بتبخيره الايتيلين فى الفراغ وهو الايدروجين الثانى مكربن الذى أحيل ابتداء الى الحالة السائلة

الخواص العامة للاجسام الصلبة

الاجسام الصلبة مثل الحديد والرخام والعاج لا يمكن فصل اجزائها المكونة لها الا بمجهود عظيم أو ضعيف مع حفظ حجمها وشكلها اذا لم يؤثر عليها سبب ميخانيكى أو تغير فى درجة الحرارة ويعتبرون ان جزيئات الاجسام الصلبة متأثرة بقوة جذب بين الجزيئات تسمى الميل وبقوة تنافر مكافئة للقوة الاولى فاذا ضغط جسم صغرت المسافات بين الجزيئات وأخذت القوتان فى الازدياد وتكون قوة التنافر أعظم كما يشاهد ذلك فى التأثير على الاجسام المرنة

وللاجسام الصلبة جملة خواص طبيعية تميزها ودراستها مهمة وهى قابلية الانضغاط والمرونة وقابلية الطرق والانسحاب والمتانة

قابلية الانضغاط — جميع الاجسام الصلبة متى أثر عليها ضغط أو قوة تقاربت أجزاؤها من بعضها وبذلك ينقص حجمها وهذه الخاصية تسمى قابلية الانضغاط وتختلف باختلاف الاجسام ففى خشب الفللين والسنبق تكون قابلية الانضغاط عظيمة جدا وفى نحو الرخام والكبريت والفحم ضعيفة جدا

المرونة — مرونة الاجسام الصلبة يمكن مشاهدتها بأربع طرق مختلفة وهى الجذب والضغط والانثناء واللى

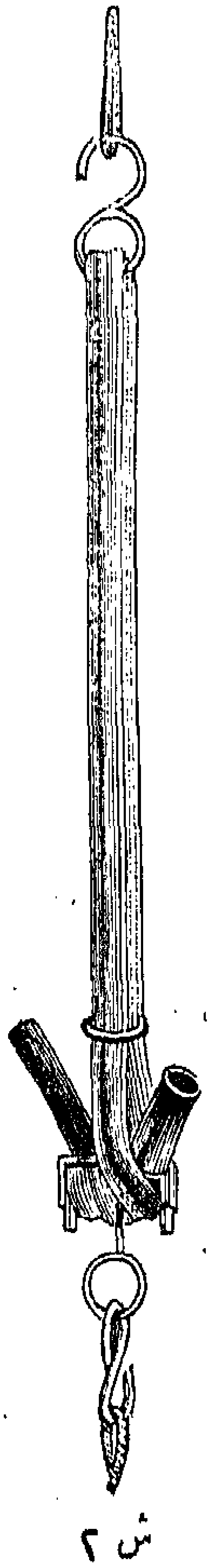
أما الجذب فشاهد لانه متى جذب جسم تغير شكله ولا يقتصر التغير على اتجاه القوة المؤثرة فقط بل يزداد طول المنجذب وينقص قطاعه الرأسى لكن تغيرا الحالتين لا يتكافأ بالضبط بل يتغير حجم الجسم قليلا وتغير الطول فى هذه الحالة يكون متناسبا مع طول الجسم المجذوب ومع القوة المؤثرة عليه وعلى حسب عكس قطاعه

والشرايين لا تنقاد لهـذه القوانين لان استطالتها لا تحصـل الا بصعوبة زائدة

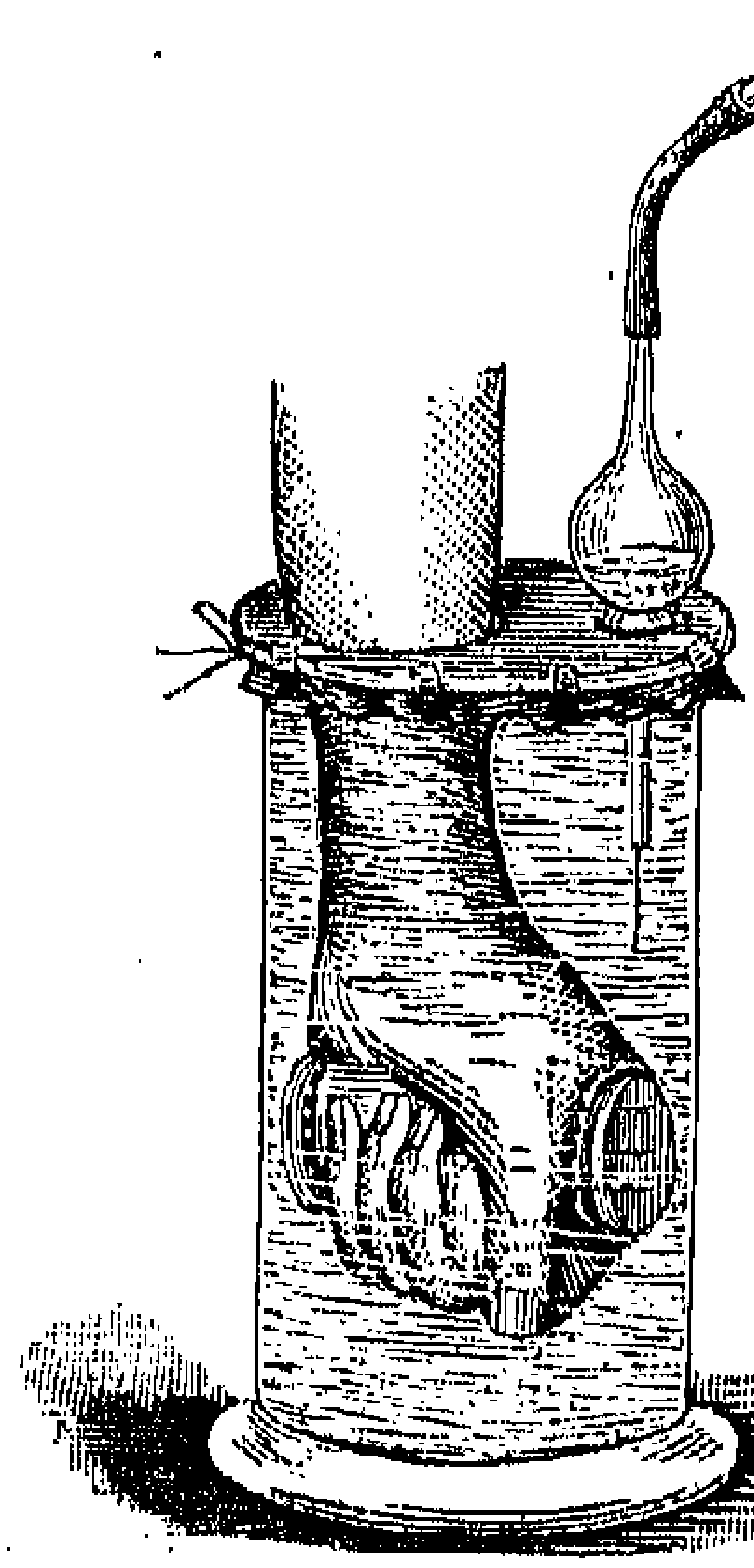
ولمرونة الجـذب تطبيقات مختلفة كالزنبلكات والاشرطة التى من الصمغ المرن المستعملة فى رض الاطراف المكسورة والمخلوعة حـديثا وذلك كما فى (شكل ٢) المكون من أنبوبة من الصمغ المرن تمر فى حلقات يوجد فيها خطافات وتعلق تلك الانبوبة بواسطة عقد وتستعمل كذلك مرونة الجذب فى الاجهزة المعـدة لحدوث مجهود فى أى اتجاه بواسـطة أشرطة حلقية من الكاوتشوك وكذلك فى الجرابات والاحزمة وغير ذلك

وأما الضغط فهو ضد الجذب لانه يحدث نتيجة مضادة له هى نقصان طول الجسم المضغوط و يزيد فى القطاع الرأسى وقوانينـه تشبه قوانين الجذب وكذلك يحصل تغير خفيف فى الحجم

والانقباض العضـلى يكون مصحوبا بنتيجة تشابه نتيجة لضغط لان العضـلة تقصر وقطاعها يزداد (وشكل ٣) يدل على قياس تغـير حجم عضلات اليـد القابضة على أى جسم بقوة كثيرة أو قليلة المغمورة فى أناء مملوء بالماء ومغطى بغطاء من الـكاوتشوك موضـوع حول الذراع بالتحكيم فبانقباض اليـد وانبساطها يرتفع سطح الماء أو ينخفض ويعلم ذلك بواسـطة أنبوبة أخرى جانبيـة ذات فقاعة نافذة من الغطاء المرن وواصلة الى الماء


ش ٢

وأما مرونة الانثناء واللى فالمشاهد بالنسـبة للصفائح المعـدنية ان الثقـل أو الضغط الضرورى لانثناء صفيحة يكون . أولا متناسـبا مع طول الصفيحة . ثانيا يكون متناسبا مع مكعب سمكها . ثالثا يكون على حسب عكس طولها وأما مرونة اللى المؤسس عليها بعض آلات الطبيعة مثل ميزان (كلومب) فهى القوة التى بها يميل السلك الملتوى الى الرجوع لوضعه الاصلى وتكون على حسب زاوية اللى وهذه القوانين لها أهمية عظيمة فى العمارات



ش ٣

قابليـــة الطرق والانسحاب ــ قابليـــة الطرق هى خاصيـــة بهـا الاجسام تستحيل الى صـفائح رقيقـــة جدا متى طرق عليهـا بمطرقة أو وضعت تحت تأثير ضـغط بطىء ومسـتمر كالمصفاح

وأما قابلية الانسحاب فهى خاصية توجد فى بعض الاجسام وعلى الاخص المعـادن التى تستحيل الى سـلوك قليلة الثخن أو كثيرته متى أدخلت فى المسحاب وأول المعـادن الاكثر قابليـــة للانسحاب الذهب وثانيها الفضـــة وثالثها البـــلاتين ورابعهـا الالومينيوم وخامسها الحديد وسادسها النحاس وسابعها الخارصين وثامنها القصـدير وتاسعها الرصاص وأما الاكثر قابلية للطرق فأولها الذهب وثانيها الفضة وثالثها الآلومينيوم ورابعها النحـاس وخامسها القصـدير وسادسها البلاتين وسابعها الرصاص وثامنها الخارصين وتاسعها الحديد فبذا يعلم أن المعادن الاكثر قابلية للانسحاب خلاف الذهب والفضـــة ليست هى الاكثر قابلية للطرق أيضا فان البلاتين هو الثالث فى قابلية الانسحاب مع انه السادس فى قابليـــة الطرق والحديد الذى قابليتـــه للانسحاب عظيمة صارت بالنسـبة للطرق ضعيفة جدا والحرارة لها تأثير عظيم على هاتين الخاصيتين فان الزجاج الذى لا توجد فيه خاصيـــة الانسحاب فى الدرجة المعتادة يمكن أن يتحصل منه على سلوك رقيقة جدا متى سخن للدرجة الحمراء وأيضا الخـارصين القليل القـابلية للطرق على البارد يستحيل بسهولة الى

صفائح متى سخن الى درجة ١٣٠ أو ١٤٠ والحديد لا يصل الى قابلية الطرق الا فى الدرجة الحمراء كما هو معــلوم و بعض من المعادن يكون مخالفا لذلك أى انها تفقد قابليتها للانسحاب متى سخنت وذلك مثل الرصاص والقصدير والنحاس فانها أقل قابلية للانسحاب

المتانة ـ على العموم هى الخاصـية التى تشاهد فى الاجسام الصلبة فقط والتى تدل على مقاومة عظيمة أو قليلة تقاوم القوى المختلفة التى تميل لان تفقدها وعلى كل حال فان القصد من هذا التعبير الدخول على معرفة خاصـية مقاومة اسلاك المعدنية للجذب الحاصل فيها على اتجاه طولها وحد متانة الجسم هو الكمية المعينـة بالوزن من الكيلوجرام التى يتحملها سلك معدنى مساحة قطاعه الرأسى واحد ميليمتر مربع الى أن ينقطع

والتجربة تدل على أن حد المتانة فى المعادن يتناقص بالحرارة و بالجملة تزيد المتانة فى الحديد لغاية مائة درجة فان زادت عن ذلك دخلت تحت القانون العام والمتانة فى الدرجة الحمراء المعتمة لا تكون الا السدس تقريبا بالنسبة للدرجة المعتادة

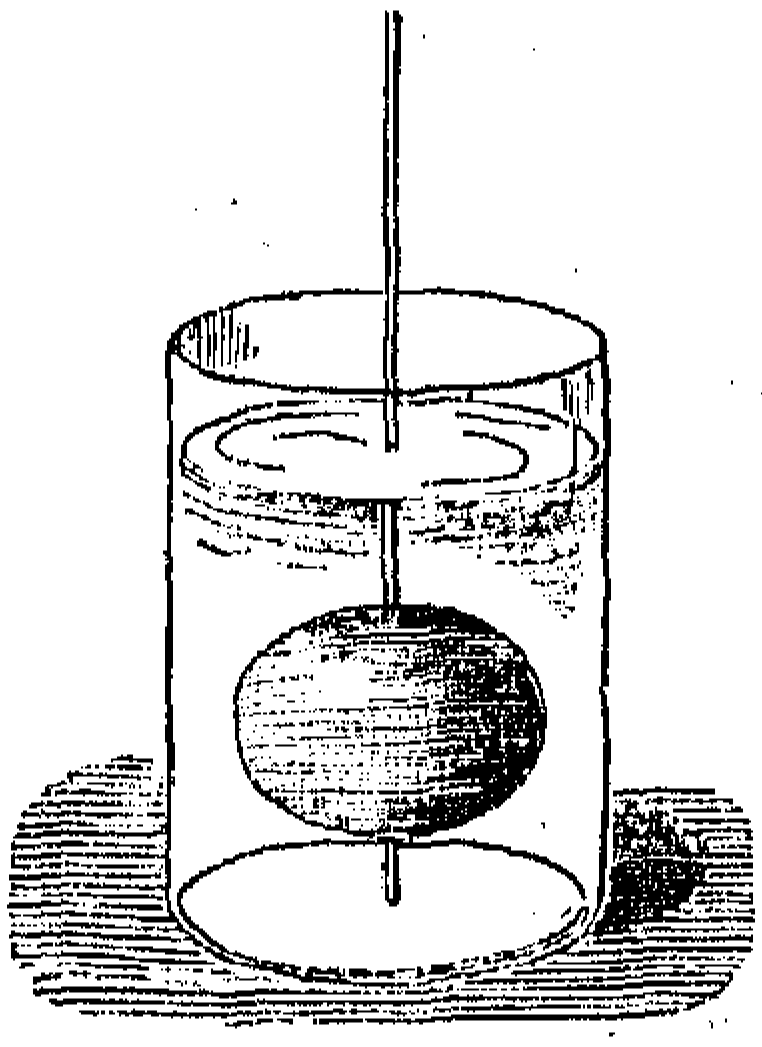
الخواص العامة للسائلات

الوصف المميز للسائلات هو سهولة حركة جزيئاتها وانزلاق بعضها على بعض من أى تأثير وهى بهذه الخاصية مع خروجها على هيئة سلسول أو خيط من الفتحات الصغيرة وتحركها على جدران الاناء الحاوى لها بحيث انها تكتسب شكله تحفظ بعض التصاقات متعاقبـة ولذا نرى كل كتلة من أى سائل تركت ونفسها محمية عن جميع التأثيرات الخارجية تأخذ على الدوام الشكل المستدير وهذه النتيجة تشاهد فى أحوال كثيرة

ولذا نشاهد بعض النقط الصغيرة من الزئبق الموضوعة على طاولة من الخشب أو على أى سطح يكون ذا ميل قليل لهذا المعدن تأخذ الشكل المستدير تقريبا وكذا كل نقطة من نحو الماء والكؤل أو الرصاص المذاب متى تركت للسـقوط فى الهواء بلا مانع تأخـذ الشكل المستدير أيضا ورش الصيد ليس هو الا انقطام الرصاص المذاب المصبوب فى الماء البارد و برد على هذا الشكل فى الحال والتجربة الآتية تدل دلالة واضحة على هذه الخاصية للسائلات

من المعلوم ان الزيت أخف من الماء وأثقل من الكؤل ولكن اذا خلط الماء بالكؤل بطريقة بها يتحصل على كثافة مساوية لكثافة الزيت وصب الزيت تدريجا فى هـذا المخلوط فانه يجتمع على هيئة كتلة واحدة تبقى معلقة فى باطن المخلوط على هيئة كرة يمكن وصولها الى حجم برتقالة مع الاحتراس فى الصب ومادامت كرة الزيت باقية على حالة السكون تحفظ جيدا

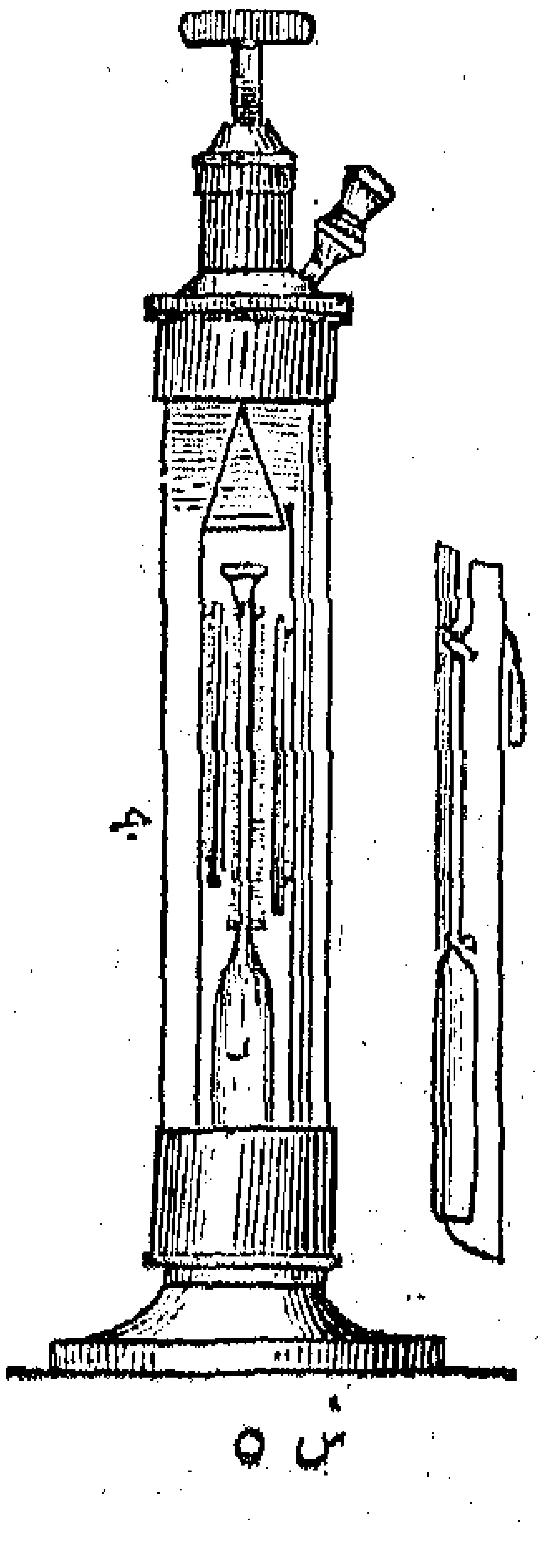
شكلها الكروى أما اذا فعل فيها حركة دوران بواسطة ابرة طويلة عمودية تمر بمركزها فيشاهد كما فى (شكل ٤) انها تنبعج أى تتفرطح من نحو قطبيها وتنتفخ على هيئة حلقة بارزة نحو جزئها المتوسط وهو خط استوائها وهذا التفرطح والانتفاخ يزدادان مع سرعة حركة الكرة الزيتية وكلما أخذت هذه الحركة فى الازدياد كلما ازداد تأثير القوة المركزية الطاردة المتأثرة بها زيادة عن تأثير الجذب المتعاقب لجزيئاتها فيشاهد أن الحلقة الدائرية أى المقابلة لخط الاستواء تنفصل عن الكرة وتكون حلقة تستمر على الدوران قليلا مع الكرة المركزية المنفصلة هى منها فهذه



ش ٤

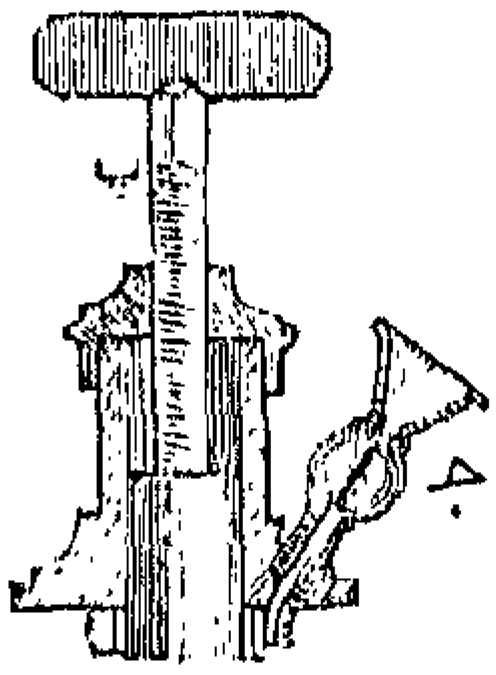
التجربة اللطيفة التى حققها المعلم (بلاتو) أفادت فكرة جيدة مقبولة تدل على ما كانت عليه الارض والكواكب فى الحالة السائلة الابتدائية ثم أخذت شكلها المستدير المعلوم وبالكيفية عينها تكونت دائرة (زحل)

وقد اعتبرت السائلات زمنا طويلا انها غير قابلة للانضغاط وهذا كان ظن الان (أرستيد) فعل تجارب كررها بعده كل من (ديسبرتز) و (سيمى) فاهتدوا الى أن حجم السائلات ينقص متى ضغطت وان كان النقصان ضعيفا جدا ويمكن قطع النظر عنه فى التجارب المعتادة لأن الماء لا ينضغط الا تسعة وأربعين من مليون من حجمه تحت ضغط جو واحد والزئبق خمسة من مليون فقط والآلات التى استعملت لاجل قياس قابلية السائلات للانضغاط تسمى (بيزومتر) وأعظمها المنسوب الى (أرستيد) وهو مكون كما فى (شكل ٥) من مستودع اسطوانى الشكل من الزجاج ب حجمه معلوم يعلوه أنبوبة شعرية مقسمة الى أقسام متساوية السعة منتهية بقمع والمستودع بأنبوبته موضوع على لوح من النحاس يحمل ترمومترا معدا لمعرفة درجة الحرارة وقت التجربة وأنبوبة مسدودا أحد طرفيها منكسة مملوءة بالهواء معدة لمعرفة الضغط فيملأ البيزومتر بالسائل ويوضع فى القمع نقطة من الزئبق يستدل بها على ما يحصل فى حجم السائل من التغير ويدخل الجهاز فى اناء اسطوانى من الزجاج الثخين ح مثبت بجزئه



ش ٥

الســـفلى على قاعدة معـــدنية وجزؤه العـــلوى محزوم بحزام من النحاس ذى مكبس يتحرك بواسطة برمة ب (شكل ٦) وبواسطة حنفية ح يصب فى الاناء الاسطوانى الماء الى أن يخرج من فتحة جانبيـــة فتسد الحنفية ويخفض المكبس فينضغط ماء الاناء وهذا الضغط ينتقل لسائل البيزومتر بالزئبق ويعلم نقصان حجم السـائل بالدرجات التى انخفضها الزئبق بالضغط وتعلم قيمة الضغط من سطح الماء فى الانبوبة الهوائية وبقسمة ما نقص من حجم السائل على كل من حجم السائل والضغط المعبر عنه بالجو يتحصل على عامل الضـــغط الظاهرى لعدم حساب ما يحصل فى البيزومتر (المستودع وأنبوبته) من التغيرلان هذا الغلاف بسبب الضغط المتساوى الواقع عليه من الظاهر ومن



ش ٦

الباطن ينقبض فيرتفع السائل فى الانبوبة الشـــعرية فينقص من كمية ما انخفض من السائل المضغوط بقدر ما ارتفع منه وتغير الحجم الحقيقى يكون باضافة انضغاط المستودع الى الانضغاط الظاهرى للسائل وبقسمة الحاصل على كل من الحجم جميعه والضـــغط يتحصل على عامل الضغط الحقيقى

وهاك عوامل الانضغاط لبعض السوائل التى عينها (جراسى) فى درجة الصفر

زئبق	٠,٠٠٠٠٠٣
ماء	٠,٠٠٠٠٥٠٢
إيثير	٠,٠٠٠١١١
كؤل	٠,٠٠٠٠٨
كلوروفورم	٠,٠٠٠٠٦

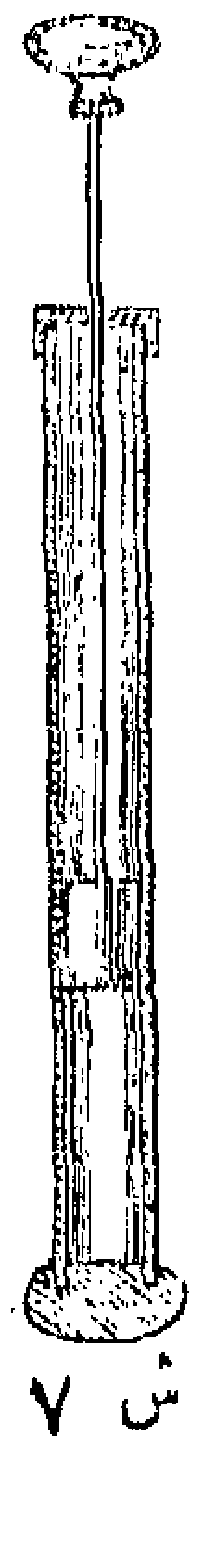
ومن هذه الاعداد يرى أن قابلية السوائل للانضغاط ضعيفة جدا والطريقة الوحيـــدة فى حصول نقصان أو ازدياد فى كثافتهـــا تنحصر فى رفع حرارتها أو خفضها وضـــعف قابليـــة الانضغاط فى السوائل يظهر بالازدياد العظيم الذى يحصل فى القوة المنفرة المؤثرة بين الجزيئات متى صـــغرت المسافات بينهـــا فعنـــدما تكون السوائل معرضة للضغط الجوى تكون القوى المنفرة والجاذبة فى حالة موازنة تقريبا فاذا زاد الضـــغط ازدادت القوى المنفرة شدة لمنع تقارب جزيئات السائل من بعضها واذا قل الضغط الظاهر كما يحصل ذلك عند وضع السائل فى الفراغ فان قوة الجذب بين الجزيئات تضعف وحينئذ تنفصـــل جزيئات الطبقات العليـــا عن بعضها حيث ان الجذب صار غير قادر على بقائها على حالة السيولة وبذلك تستحيل الى الحالة البخارية

تنبيـــه — بعد ضغط السائل كما ذكرنا ترفع زيادة الضغط التى كانت موضوعة وحينئذ ترتفع العلامة الزئبقيـة وتعود الى موضعها الاصـلى وهذا يثبت ان السائلات مرنة ومن المعلوم ان نقطة الماء أو الزئبق ترتد ثانيا متى سقطت على سطح صلب

الخواص العامة للغازات

الغازات وتسمى أيضا بالتيارات المرنة موصوفة بقابلية تنافر أجزائها على الدوام وبذلك يعلم قابليتها للانتشار أعنى أن الكتلة الغازية بهذه الخاصية تميل لان تشغل المسافة التى تعطاها مهـما كان اتساع تلك المسافة وحينئذ لا يكون لها شكل مخصوص فهى مجبورة دائما على أن تأخذ شكل المسافات الحاوية لها وتضغط على جدرانها من الباطن الى الظاهر بقوة ضعيفة أو قوية وهذه القوة تسمى بالتمدد أو القوة المرنة للغـازات والجذب الجزيئى الذى يوجد بدرجة معلومة فى السائلات يصير معدوما فى الغازات بالكلية فليس من الضرورى اسـتعمال أى قوة كانت لفصل جزيئاتها بل العكس أى يلزم استعمال القوة لضمها ومنعها من الانفصال فبالنسبة لذلك يمكن أن يعتبر الجسم الغازى كأنه مكون من جزيئات منفصلة متحركة غاية الحركة على حالة تنافر دائم متعاقب

فالغازات قابلة للانضغاط بقوة شديدة عكس السائلات فان قبولها للانضغاط ضعيف جدا فمثلا الماء تحت ضغط جو واحد لا ينضغط الا ٤٩ من مليون من حجمه أما اذا كان هذا الضغط بعينه على غاز فانه يستحيل الى نصف حجمه


ش ٧

وسهولة ضغط الغازات تشاهد بواسطة جهاز يسمى (الزند الهوائى) وهو مكون من اسطوانة من زجاج سميكة الجدران مغلق أحد طرفيها وفيها يتحرك مكبس كما فى (شكل ٧) وهى محتوية على الهواء وغاز آخر فبأقل قوة مؤثرة على المكبس يشاهد نقصان محسوس فى حجم الهواء أو الغـاز واذا اسـتمر الضغط على المكبس شوهد أن مقاومة الغاز ضعيفة ابتـداء ثم تزداد كلما نقص حجمه فاذا ترك المكبس ونفسـه صعد ثانيا حتى يعود الى وضـعه الاصلى فهذا دليل واضح على أن الغازات مرنة كالسائلات وتسميتهم اياها بالتيارات المرنة المتميزة به أيضا آتية من كونها قابلة للانضغاط بكثرة ومرونتها المتمتعة بها أكثر وضوحا من باقى الاجسام الاخر

الحركة واعتبارها

الحركة هى شغل جسم أونقطة محلا آخر بالنسبة لجسم آخر والخط الذى يتبعه الجسم فى حركته يقال له خط الاتجاه والحركة إما منتظمة أو متغيرة

فالمنتظمة هى حركة بها يقطع الجسم فى الازمنة المتساوية مسافات متساوية مهما كانت هذه الازمنة وعلى ذلك يمكن معرفة المسافات التى يقطعها جسم متحرك بحركة منتظمة فى زمن مّا بمعرفة المسافات التى قطعها هذا الجسم فى زمن معين

وتسمى المسافة التى يقطعها الجسم فى زمن مساو للوحدة سرعة الحركة المنتظمة ووحدة الزمن المستعملة فى الغالب هى الثانية الزمانية وعلى ذلك فيستدل على السرعة بوحدة الطول وهى المتر اذا كان هو المستعمل لقياس الطول ومن المعلوم ان المسافة التى يقطعها الجسم المتحرك بحركة منتظمة هى ما يقطعه هذا الجسم فى ثانية مضروبا فى عدد الثوانى التى قطع فيها هذه المسافة أى هى سرعته مضروبة فى الزمن فاذا رمزنا للمسافة بحرف م والسرعة بحرف س والزمن بحرف ن يحصل على المعادلة الآتية

$$\text{م} = \text{س ن} \quad \text{ومنها} \quad \text{س} = \frac{\text{م}}{\text{ن}} \quad \text{و} \quad \text{ن} = \frac{\text{م}}{\text{س}}$$

والحركة المتغيرة هى اختلاف المسافات التى يقطعها الجسم المتحرك فى أزمنة متساوية فحالة الحركة تتغير من لحظة الى أخرى وسرعة الحركة المتغيرة فى نقطة معينة هو الحد الذى ينتهى اليه نسبة المسافة الى الزمن الذى قطعت فيه هذه المسافة متى صغر هذا الزمن الى أن قارب الصفر

ولمعرفة ذلك نفرض مكانين فى طريق جسمين متحركين أحدهما حركة منتظمة والآخر حركة متغيرة ثم فرضنا أنهما يبتدئان وينتهيان معا فى آن واحد فلا يختلفان الا فى الوقت الذى بين الابتداء والانتهاء فسرعة الحركة المنتظمة تسمى متوسط سرعة الحركة المتغيرة فى الزمن المعين فاذا نقص هذا الزمن فان الاختلاف بين الحركة الحقيقية المتغيرة والمنتظمة يأخذ فى النقصان الى الصفر فالسرعة المنتظمة المتوسطة تقرب الى قيمة نهائية هى سرعة الحركة المتغيرة من النقطة المعينة

الحركة المنتظمة التغير وتزايد السرعة ــ الحركة الاكثر بساطة من جميع الحركات المنتظمة التغير هى التى تتغير سرعتها بكمية متساوية فى أزمنة متساوية مهما كانت مدة الازمنة فاذا زادت السرعة كانت الحركة متزايدة منتظمة واذا نقصت بطريقة منتظمة كانت متناقصة منتظمة

وتزايد السرعة هو عبارة عن الكمية الثابتة من الحركة التى تزيد أو تنقص فى مدة ثانية ومن ذلك يعلم ان فى هذه الحركة تكون السرعة المتغيرة متناسبة مع الزمن

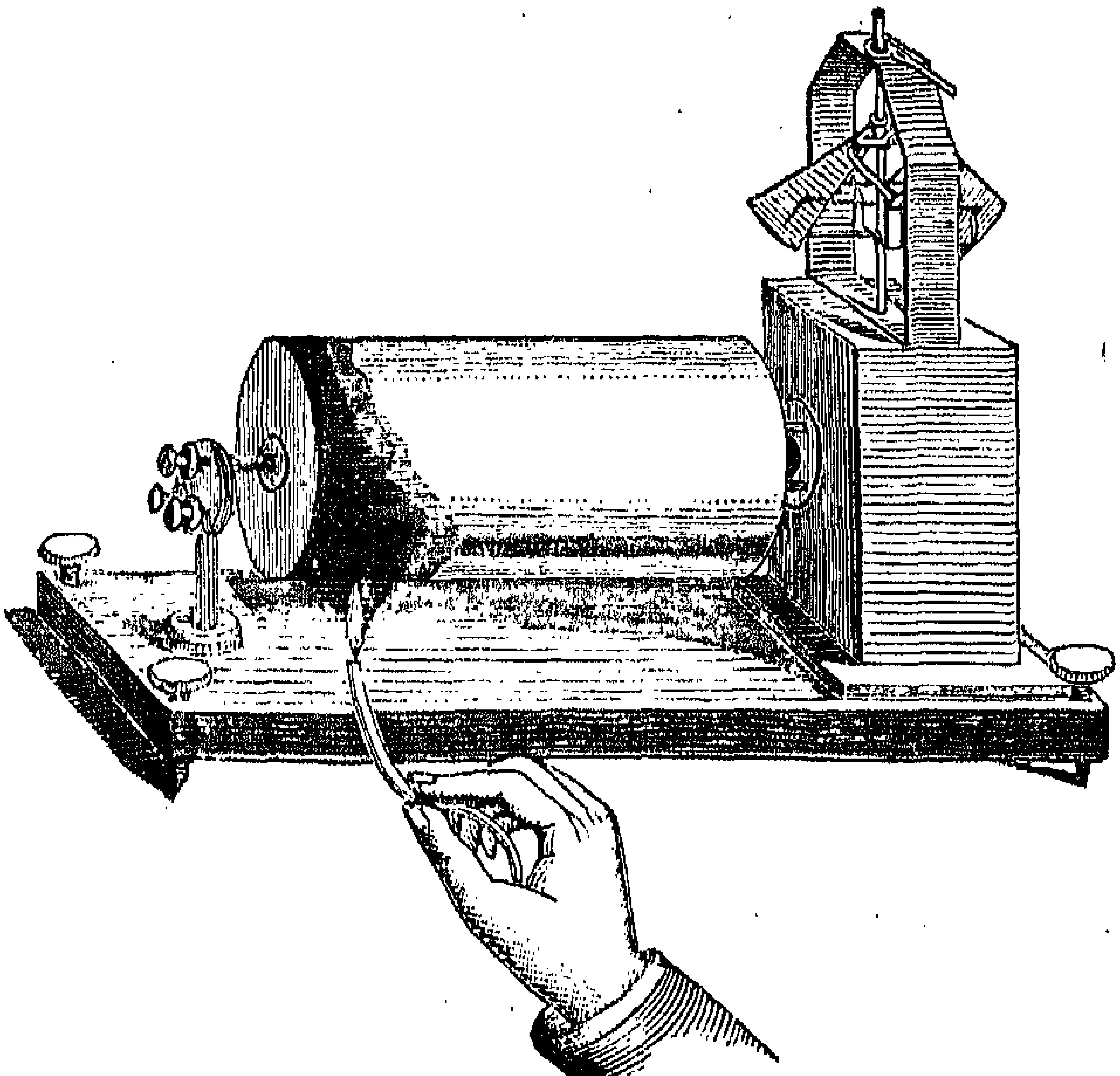
والحركة المنتظمة التغير تكون بسيطة اذا لم يكن المتحرك متأثرا بأى سرعة من ابتداء حركته وحينئذ لا تكون الحركة الا منتظمة متزايدة وبذلك تكون متناسبة مع الزمن والمسافة المقطوعة تكون متناسبة مع مربع الزمن كما يشاهد ذلك عند سقوط الاجسام المنقادة لتأثير الثقل بدون سرعة ابتدائية

الحركة الدورية — هى التى يقطع فيها المتحرك دورته فى أزمنة متساوية بحيث أن جميع الادوار المتعاقبة تكون أزمنتها متساوية كحركات عقارب الساعة

تعيين الحركة بالرسم — من الجيد فى الغالب تعيين حركة الجسم بواسطة الرسم وذلك بأن تفعل أطوال على خط أفقى تدل على الزمن المفقود ثم يقام من هذه النقط أعمدة تكون متناسبة مع المسافات المقطوعة فى مدة هذه الازمنة ثم يمد من هذه النقط التى تعينت خط مستمر يكون فى الغالب منحنيا وهو يدل على الحركة وعلى المسافة المقطوعة فى أى زمن بسهولة ولمعرفة المسافة يكفى قياس الرأسى المبتدئ من النقطة التى تقابل هذا الزمن

جهاز الرسم — يمكن معرفة المتحرك بطريقة تشبه المتقدمة تسمى طريقة الرسم وذلك بأن نفرض ان المتحرك فى طرفه سن أو قلم رصاص موضوع أمام سطح ثابت يرسم عليه السير الذى يتبعه أثناء حركته والخط الذى ينتج يدل على شكل السير الذى أخذه المتحرك الا أنه لا يدل على الزمن الذى مر فيه المتحرك على كل نقطة فاذا طبقنا هذه الطريقة على سقوط جسم ثقيل شوهد أن السير الذى يتبعه الجسم الساقط هو عبارة عن خط رأسى ولا يستدل على المسافات المقطوعة فى الازمنة ولاجل الحصول على هذه النتيجة تجعل الحركة منتظمة فى السطح المراد رسم خط سير المتحرك عليه وتكون حركته مخالفة لاتجاه سير المتحرك لكن لا يستدل من الخط المرسوم على السير الحقيقى للمتحرك لانه مرتبط بحركة الجسم والسطح معا فلا تعلم منه المسافة التى قطعها المتحرك الا اذا علمت السرعة التى بها يتحرك السطح وسنشاهد فيما سيأتى تطبيق هذه الطريقة مباشرة عند التكلم على (الاسفجموجراف) واذا استمرت الحركة مدة من الزمن فيكون من الجيد استعمال السطح المتحرك لانه يحتاج فى هذه الحالة الى امتداد السطح مسافة عظيمة ولهذا الغرض تستعمل اسطوانة تدور حول محورها سطحها مغطى بورقة أو بطبقة من اسود الدخان فاذا زادت حركة الجسم عن حركة الاسطوانة أثناء دورة تامة تقدمت الاسطوانة موازية لمحورها أثناء دورانها حتى ان القلم الذى على سطحها لا يقابل الخطوط

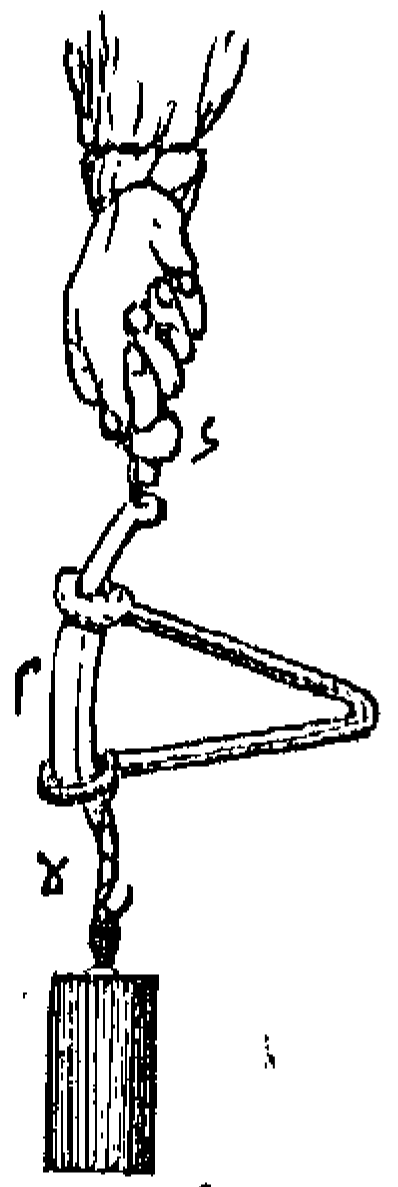
التى رسمها فى دورتها الاولى ومتى انتهت التجربة تفصل الورقة المغطاة بها الاسطوانة ومنها تعلم الحركة (وشكل ٨) يدل على اسطوانة تتحرك بحركة منتظمة بواسطة حركة ساعه



ش ٨

قياس شدة القوى (الدينامومتر) — قياس كل قوة هو عبارة عن مقارنة شدتها بقوة أخرى مأخوذة وحدة ومستندهم فى معرفة هذه المقارنة الاعتبارات الآتية وهى ان القوتين تكونان متساويتين متى أحدثتا نتيجة واحدة فى شروط واحدة وتكون القوة مزدوجة بالنسبة للاخرى اذا أحدثت قوتين مساويتين للاولى وعادة يؤخذ الجرام كوحدة أى وزن واحد سنتيمتر مكعب من الماء المقطر الذى فى درجة أربعة فوق الصفر فى الفراغ على سطح البحر وقد استعمل مهندسين وحدة أخرى فى الطبيعة وهى (الدين) وسنذكر قيمتها فيما سيأتى ويمكن قياس القوى بواسطة الميزان ولذلك يستعمل الدينامومتر غالبا وهو جهاز مؤسس على خاصية الزنبلكات الصلبة فتوضع على زنبلك ينثنى ويأخذ شكله الاصلى متى زالت القوة المؤثرة وذلك بالنسبة لمرونته وتلك المقاومة فى تغير الشكل تزداد مع القوة ثم توازيها ويوجد جملة أنواع من الدينامومتر أى مقياس القوى أبسطها المرسوم فى (شكل ٩) وهو عبارة عن زنبلك منثنى من الصلب ينفرد بحسب وزن الجسم وليس قاصرا على وزن الاجسام فقط

بل لتعيين شدة القوى فالصفيحة التى من الصلب منثنية من وسطها وفى طرفيها قوسان فالقوس الاول ملتحم بطرفه السفلى فى طرفها السفلى وفى انتهائه حلقة ى معدة لتعليق الآلة والقوس الثانى ملتحم بطرفه العلوى فى طرفها العلوى وطرفه السفلى نافذ مطلقا فى طرفها السفلى وفى انتهائه خطاف ه لتعليق الاجسام التى يرادوزنها فهذان القوسان موضوعان عكس بعضهما كما هو مشاهد فمن السهل تصور كيفية انثناء الزنبلك وتقارب طرفيه من بعضهما بتأثير وزن الجسم وهذا التقارب يقاس بواسطة الدرجات التى على سطح القوس الظاهر م الموازية للاوزان الموضحة لوزن الجسم

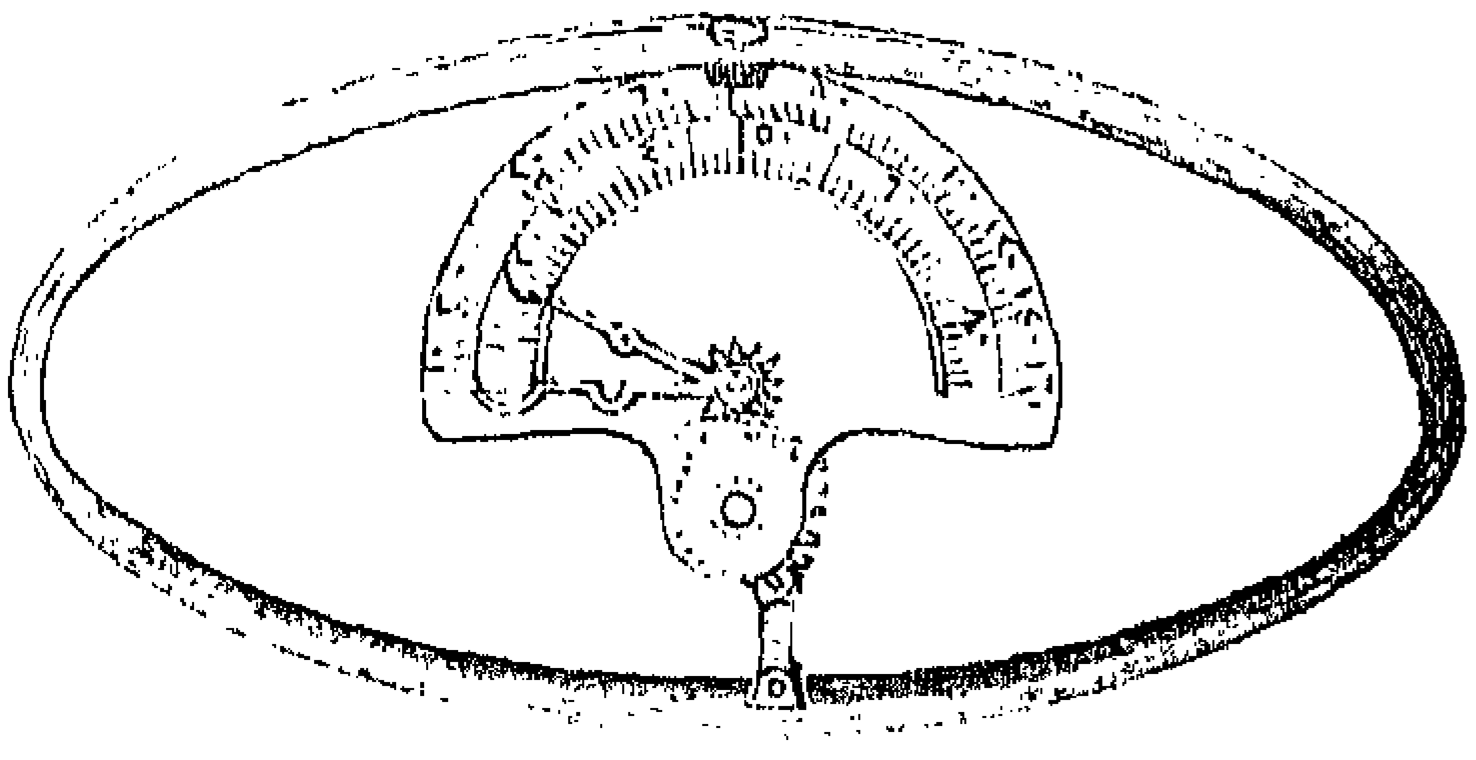


ش ٩

تنبيه — الموازين التى هى الميزان المعتاد وميزان الانزلاق والقبانى مهما كان وضعها لاتدل الاعلى وزن الاجسام النسبى لا المطلق

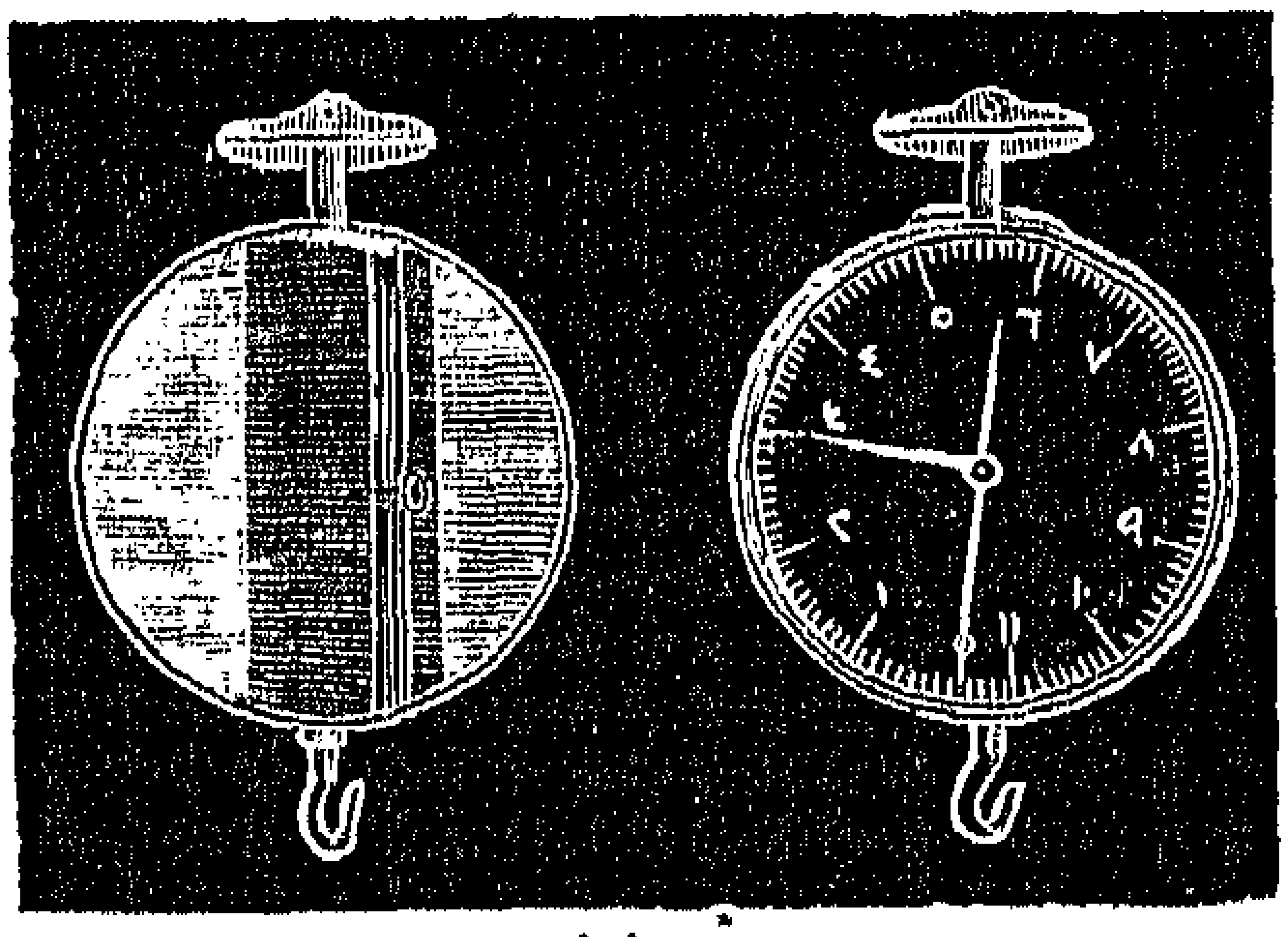
وأما ميزان القوى فيدل على الوزن المطلق فاذا فرضنا أنه وضع فى احدى كفتى الميزان أى جسم ووضع فى الكفة الاخرى أوزان معلومة توازنه فانه يبقى فى هذا الوضع على حالة الموازنة فى خط الاستواء كما فى القطبين لان تأثير الثقل يؤثر على جميع الاجسام بالتساوى ومن الواضح انه بتغير قوة الثقل يكون تأثيرها واحدا فى جميع الاماكن على الجسم المراد وزنه وعلى الاوزان المستعملة وبالاختصار ان الجسم الذى يزن مائة جرام فى خط الاستواء يزن أيضا مائة جرام فى القطبين لكن ليس الامر كذلك فى مقياس القوى لان تأثير الثقل يزداد أو ينقص فانثناء الزنبلك يحصل بالجسم نفسه المعلق فى خطاف الآلة حيث يزداد ثقله أو ينقص فبانتقال مقياس القوى من خط الاستواء الى القطب يشاهد أن انثناء الزنبلك يزداد شيأ فشيأ بتأثير الجسم عينه كلما ارتفع جهة القطب

ويستعمل لقياس القوة العضلية لليد دينامومتر يتكون من زنبلك ذى شكل بيضاوى يضغط عليه باليد لتقريب جزأيه من بعضهما وعلى فرعه السفلى ساق مسننة تتعشق بأسنان عجلة صغيرة تحمل ابرة تدور على وجه ساعة مقسم الى درجات منها يستدل على القوة المستعملة ولاجل سهولة معرفة الدرجات بعد الضغط توجد ابرة ثانية تدفعها الابرة الاولى أمامها وتبقى ثابتة فى النقطة التى وصلت اليها بدون أن تتحرك (وشكل ١٠) يدل على نوع هذا المقياس



ش ١٠

ميزان الاطفال المنسوب الى (بوشو) ـ يستعمل هـذا الميزان لوزن الاطفال المولودين حديثا وذلك لاجل الاستدلال على الكمية التى يزيدها الطفل وهو عبارة عن دينامومتر يعلق الطفل فى خطافه كما فى (شكل ١١) بواسطة مهد صغير ثم تقرأ الدرجات على وجه الساعة التى وصلت اليها الابرة

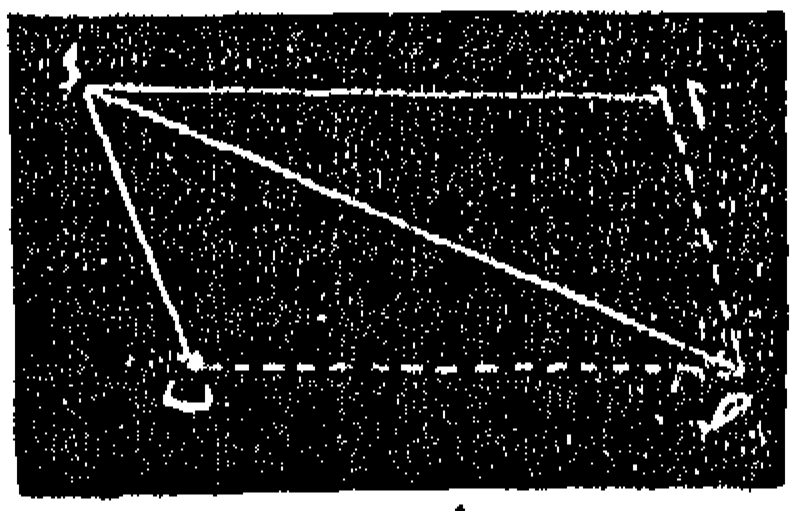


ش ١١

تركيب القوى المؤثرة على نقطه ـ اذا كان الجسم متأثرا بقوة أو أكثر فى الغالب يتصور أن قوة واحدة تحدث النتيجة عينها من نفسها وتولد فى الجسم نفس الحركة وهـذه القوة الوحيدة هى المعبر عنها بناتج القوى فلاجل تركيب القوى يلزم البحث على ناتجها

فلنفرض ان قوتين مؤثرتين على نقطة واحدة وعلى مستقيم واحد فمحصلهما يساوى مجموعهما اذا كان اتجاههما واحدا ويساوى الفرق بينهما اذا كان الاتجاه مضادا

فاذا افرضنا أن قوتين مؤثرتين على نقطة ء اتجاههما أ ء و ب ء (شكل ١٢) فمحصل هاتين القوتين يعلم بالاتجاه المنصف الزوايا ح ء لمتوازى الاضلاع المؤسس على هاتين القوتين



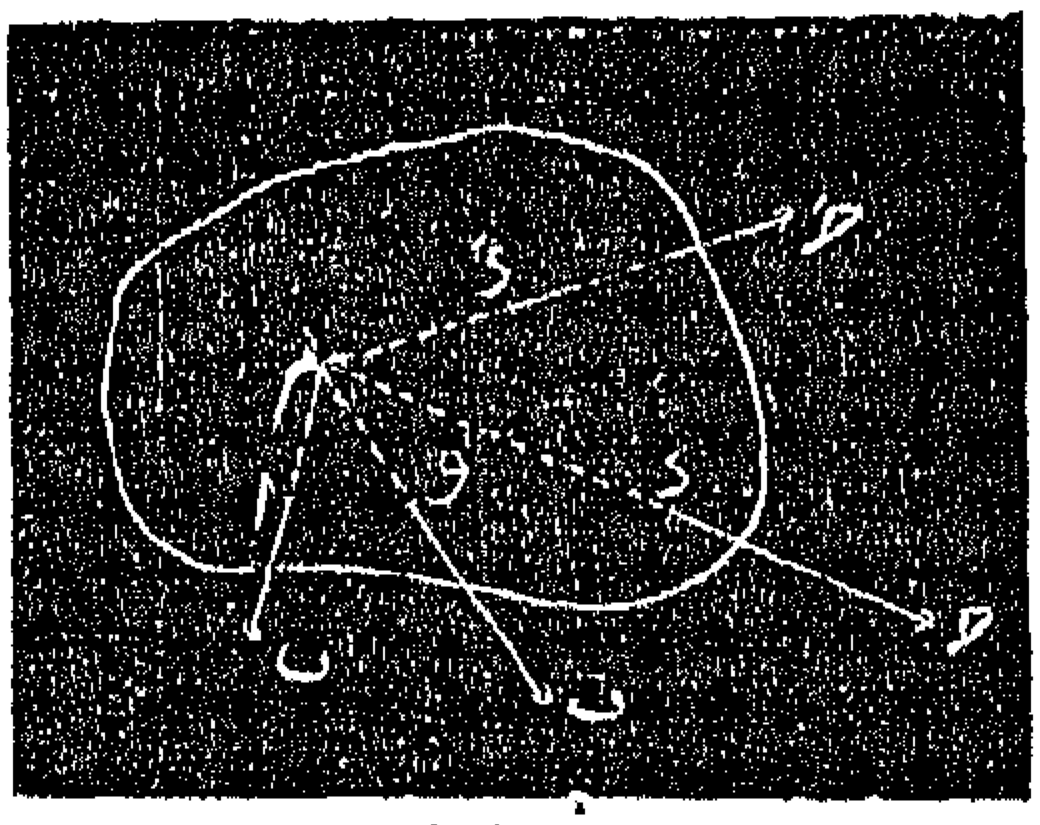
ش ١٢

واذا فرض وجود أكثر من قوتين تؤثر على نقطة واحدة ولتكن ء لزم البحث أوّلا عن مجموع القوتين الاولين

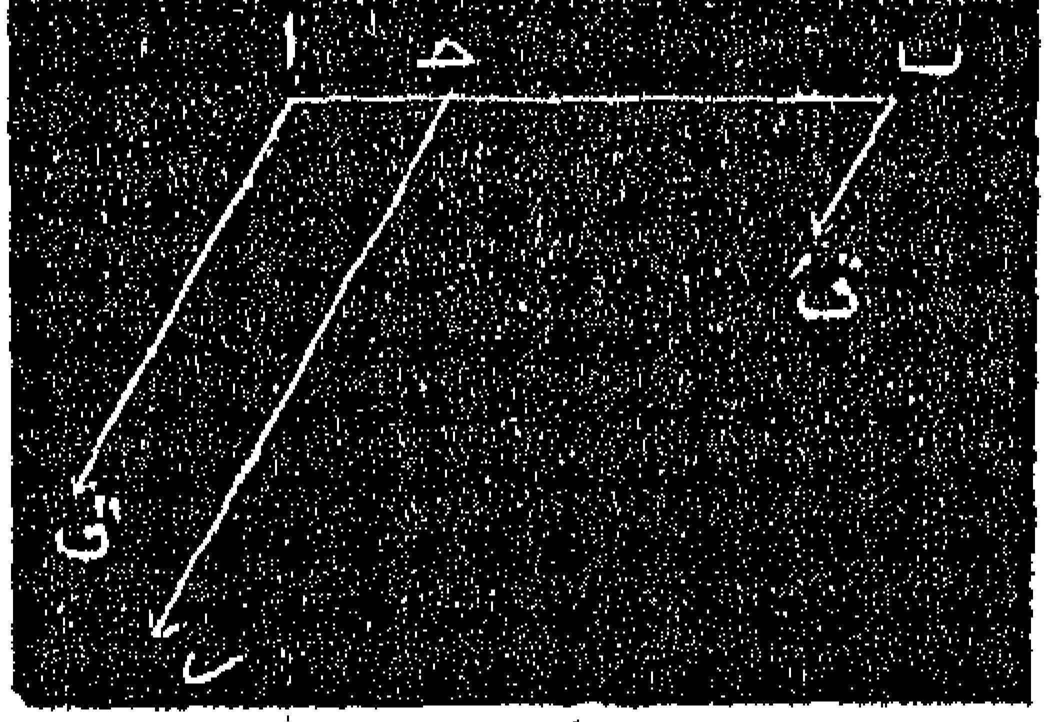
ثم يركب هذا الناتج الجزئى مع القوة الثالثة والناتج مع القوة الرابعة وهكذا الى الانتهاء فينتج من ذلك تكوين كثير الاضلاع مبتدأ من نقطة ى تكون فيه الاضلاع متساوية وموازية للقوة المؤثرة ولاجل اتمام تكوين كثير الاضلاع يلزم مد خط ع من نقطة ى فيكون هذا الخط هو الناتج الذى يراد الحصول عليه واذا تكون كثير الاضلاع من نفسه كان الناتج معدوما والقوى فى حالة الموازنة

تركيب القوى المؤثرة على جسم صلب — ينتج من القاعدة المتقدمة ان القوى المؤثرة على نقطة واحدة تعطى دائما ناتجا وحيدا ويكون الامر كذلك بالنسبة لجملة قوى مؤثرة على نقط مختلفة من الجسم

ومما يجب التنبيه عليه ان كل قوة يمكنها ان تؤثر بطريقة واحدة على أى نقطة كانت فى اتجاهها متى كان ارتباط هذه النقطة لا يتغير بالنسبة للجسم المؤثرة عليه القوة ومن الجائز أن القوى المؤثرة على نقط مختلفة مثل ا و ى من جسم يكون لها اتجاه يصل الى نقطة واحدة م كما فى (شكل ١٣) وهذا النوع من القوى يقال له القوى المتسابقة ويكون لها ناتج لان القوى ب ب ح الخ بتأثيرها على نقطة م تتركب على حسب قاعدة كثير الاضلاع


ش ١٣

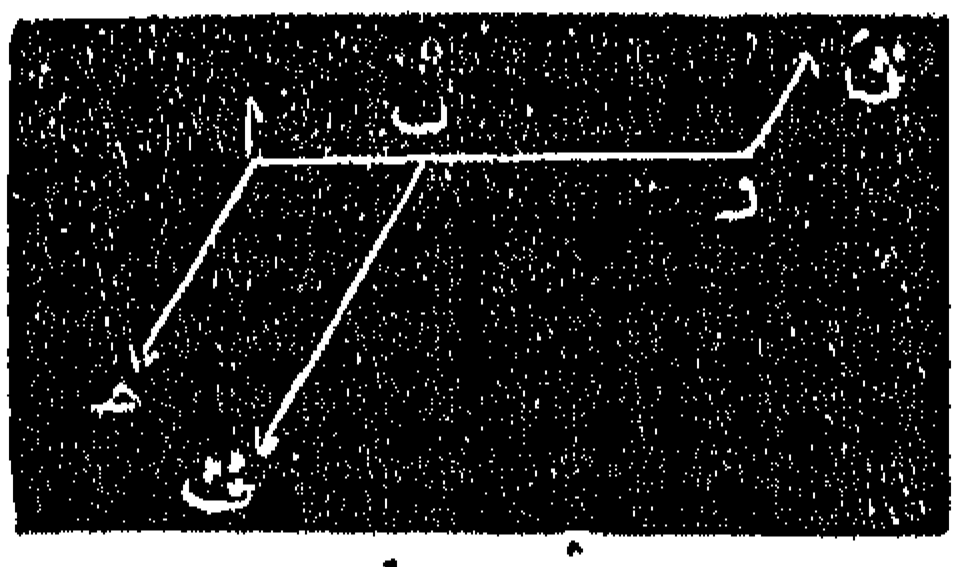
القوى المتوازية — متى كانت القوى المؤثرة على جسم متوازية كان لها ناتج ويشاهد أن القوتين المتوازيتين ذواتى الاتجاه الواحد المؤثرتين على نقطتين ا و ب لهما ناتج موازٍ لاتجاههما مساوٍ لمجموعهما مؤثر فى نقطة ح القاسمة للمستقيم ا ب الى جزأين على حسب عكس القوتين فمثلا القوتان ق و قَ المؤثرتان على نقطتى ا و ب يعطيان ناتجا ر = ق + قَ كما فى (شكل ١٤) ويكون


ش ١٤

$$\frac{ا ح}{ب ح} = \frac{قَ}{ق} \quad \text{أو} \quad ق \times ا ح = قَ \times ب ح$$

ويشاهد أيضا ان القوتين المتوازيتين ذواتى الاتجاهين المضادين المؤثرتين على نقطتى ا و ب يكون لهما ناتج يساوى الفرق بينهما موازٍ لاتجاههما وفى اتجاه أعظم قوة ونقطة

تأثيرهذا الناتج تكون موضوعة على استطالة ا ب وتقسم هذا المستقيم الى قسمين يكونان على حسب عكس القوتين فمثلا القوتان ق و قَ (شكل ١٥) ناتجهما ح شدته تكون ق ـــ قَ أو ق × ب ا = قَ × د ا واذا



ش ١٥

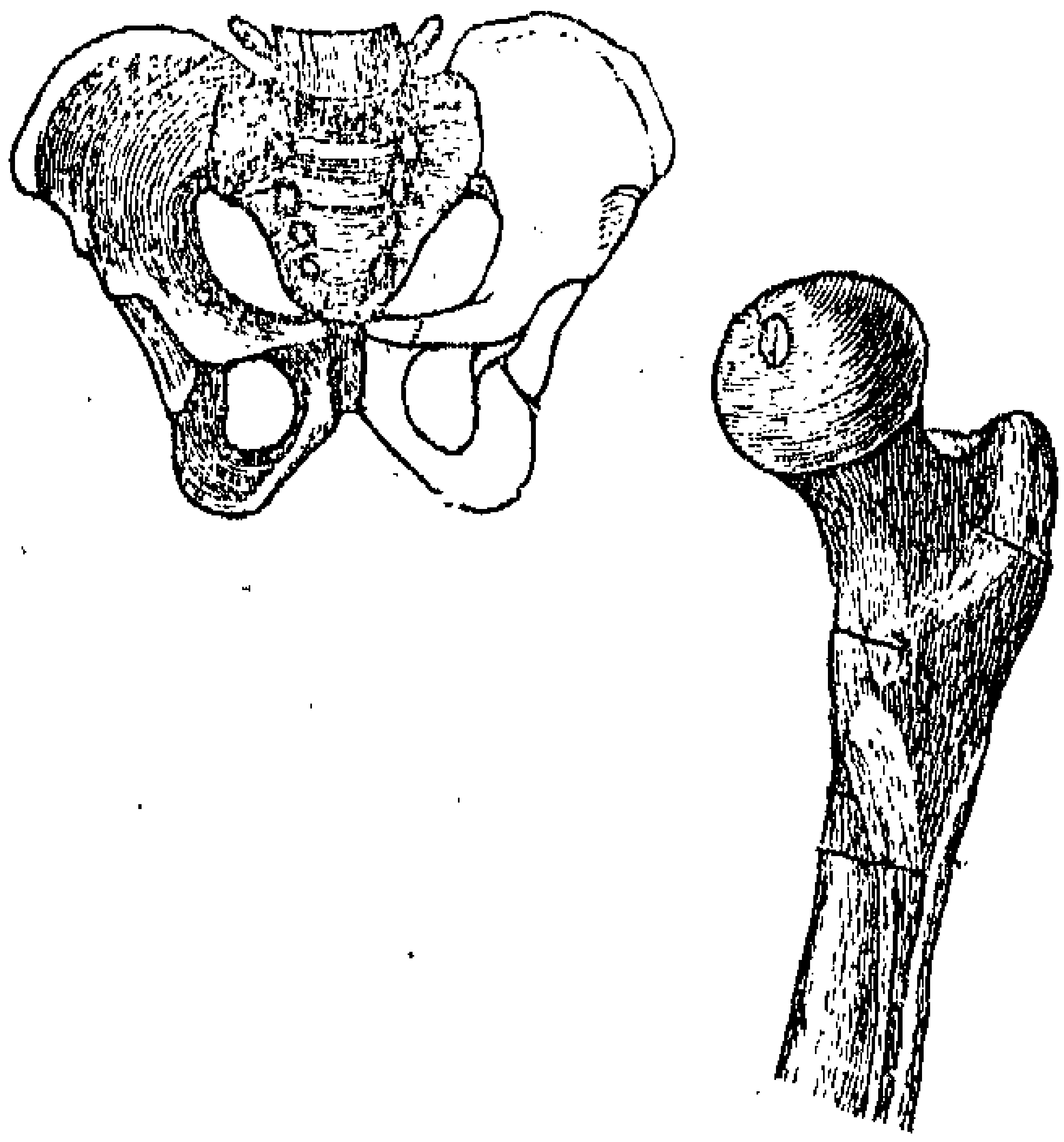
كانت القوتان فى اتجاه مضاد ومتساويتين كونتا زوجا والزوج ليس له ناتج واذا أريد تركيب أكثر من قوتين متوازيتـين فيبتدأ بتكوين ناتج جميع القـوى التى فى اتجاه واحد ثم القوى التى فى اتجاه مضاد وحينئـذ لا يبقى الا ناتجان فى اتجاهين مضـادين يركبان حسب القـاعدة المتقـدمة واذا كان هـذان الناتجان متساويين ومتقابلين مباشرة فالقوى توازى بعضها واذا كانا متساويين بدون أن يكونا متقابلين مباشرة كونا زوجا

حالة مجموع أى قوى ــ اذا تأثر جسم بمجموع قوى يمكن أن يكون فى حالة الموازنة وذلك فيما اذا كان الجسم فى حالة الانفراد وليس هنالك ما يعيق حركته فان القوى تكون ناتجا وحيدا معدوم الشدة

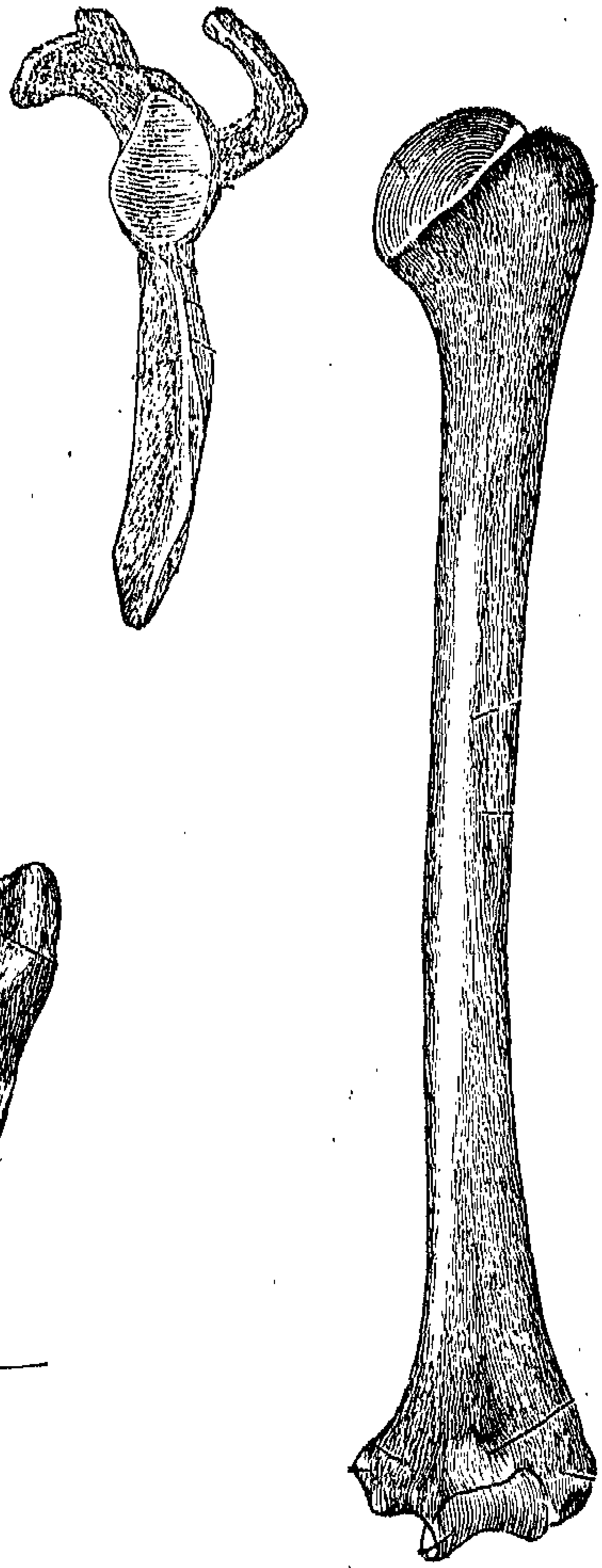
وأما اذا اعيقت حركة الجسم وكان مجبورا على الحركة حول نقطة أو محور ثابت أو مرتكزا على سطح ثابت فيكون فى حالة الموازنة أيضا اذا كانت القوى تعطى ناتجا وحيدا يقابل النقطة أو المحور الثابت أو يكون عموديا على السـطح الثابت لانه لا يمكنه فعل أدنى حركة لانعـدامها بمقاومة المـانع ولذلك أمثال عديدة للاجسام المعاقة فى حركتها لكن يحتاج فى الغـالب الى التصـنع للحصول على الدوران حول نقطـة أو محور وذلك لصعوبة تحقيق النقطـة أو الخط الهندسى فى العمـل ولحدوث الدوران حول نقطة تستعمل كرة تدور فى باطن كرة أخرى مجوّفة من قطر واحد وذلك كمفصل الركبـة الذى يشاهد فى حامل ميزان الماء فان الدوران يحصـل حول مركز الكرة وفى تعليـق (كاردان) الذى نذكره عنـد التكلم على بارومتر (فورتين) نرى ان الآلة تدور حول محورين قائمين وحول نقطة تعليقهما وكذلك يتحصـل فى الغالب على الدوران حول محور ثابت بواسطة أسطوانة تدور فى اسطوانة أخرى مجوّفة من قطر واحد وحينئذ يكون الدوران حول محور الاسطوانة

المفاصل ــ مفاصل هيكل الانسان تدل على وضع مشابه للتقدم فمثلا المفصـل الكتفى العضدى والحرقفى الفخذى فيهما عظام تدور حول نقطة ثابتـة وان كان لا يمكنها فى الحقيقة أخذ جميع الاوضاع لكن يمكنها التحرك فى مسافة متسعة وعظم العضـد المتحرك أو الفخذ

ينتهى برأس كرية تقريبا تدور فى حفرة شكلها كشكله تقريبا (وشكل ١٦) يدل على عظم اللوح منظورا من الجانب لمشاهدة الحفرة الحقية المعدة لقبول رأس العضد وفى الشكل يشاهد العضد الايمن من وجهه الخلفى ويشاهد فى (شكل ١٧) الجزء العلوى من الفخذ الذى رأسه تدخل فى الحفرة الجانبية لعظم الحرقفة

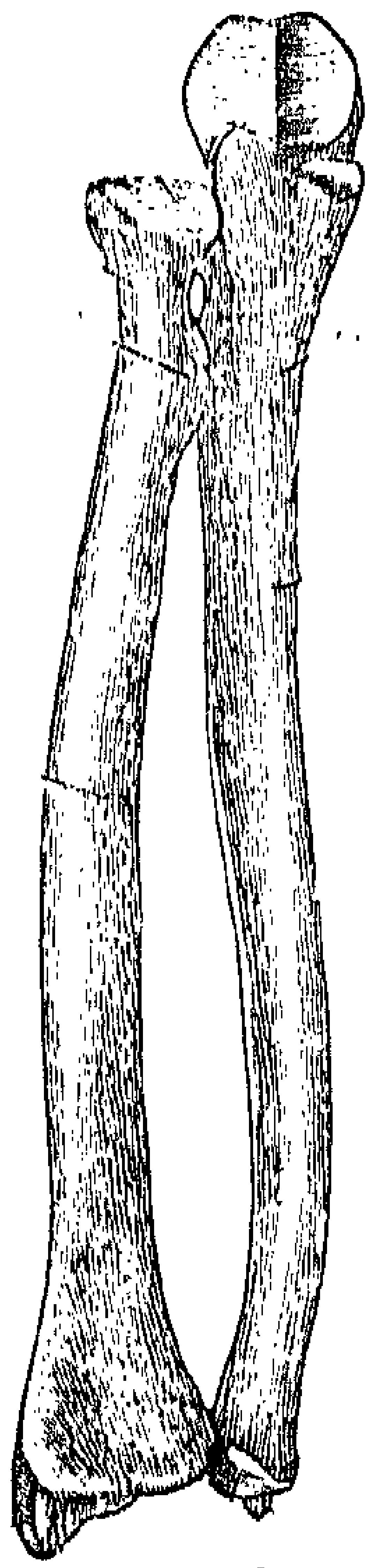


ش ١٧



ش ١٦

ومفصل الزند مع العضد والقصبة مع الفخذ والكعبرة مع الزند تدل على عظام تدور حول محور ثابت وفي الحالتين الاولين يكون المحور عموديا على طول العظم الثابت وينتهي العظم المتحرك بشبه كرة مستديرة (شكل ١٨) تدور في حفرة شكلها كشكلها في انتهاء طرف العظم الثابت (شكل ١٦) وأما الكعبرة فبخلاف ذلك لانها تدور حول محور موازٍ للذراع كما في (شكل ١٨) وتنتهي برأس مستديرة تدور حول الزند


ش ١٨

القوة الثابتة تحدث حركة منتظمة التغير — متى كانت قوة ثابتة في عظمها واتجاهها مؤثرة على جسم أحدثت فيه حركة منتظمة التغير ولاجل السهولة نفرض ان المتحرك انتقل من السكون الى الحركة بغير سرعة ابتدائية فيتحرك في اتجاه القوة وبعد ثانية يأخذ بتأثير القوة سرعة قدرها واحد مثلا فاذا رفعت هذه القوة حينئذ وترك المتحرك ونفسه استمر بالنسبة لقصوره الذاتي متحركا الى غاية النهاية بالسرعة عينها لكن اذا استمر تأثير القوة مدة ثانية ازدادت السرعة كذلك مثل مدة الحركة الاولى ومن ذلك يشاهد ان القوة الثابتة تحدث زيادة في السرعة عينها أثناء كل تأثير وبذلك تحدث في المتحرك حركة منتظمة متزايدة فيها نشاهد الزيادة قيمة واحدة

نسبة القوى الى السرعة والكتل — اذا أثرت جملة قوى مثل ق قَ قً على نقطة مادية واحدة أحدثت فيها سرعة قدرها س سَ سً تكون متعلقة بشدتها وتدل على ان هذه السرعة متناسبة مع شدة القوى فالناتج يكون

$$\frac{ق}{س} = \frac{قَ}{سَ} = \frac{قً}{سً} = \ldots$$

وهذا الارتباط يكون حينئذ غير متعلق بشدة القوى المعتبرة بل يختلف من متحرك الى آخر ويصف الاجسام بالنسبة للميكانيكا ويعرف بكتلة الجسم ولنرمز لها بحرف ك فيكون الناتج

$$\frac{ق}{س} = \frac{قَ}{سَ} = \frac{قً}{سً} = \ldots ك$$

أو

$$ق = ك س — قَ = ك سَ — قً = ك سً$$

فالقوة تساوى متحصل كتلة الجسم المؤثرة عليه فى السرعة التى تحدثها فاذا اعتبرنا ان و وزن الجسم و وان القوة الثابتة المحدثة فيه السرعة عند سقوطه س فالناتج يكون و = لـ ٠س فكتلة الجسم تساوى ناتج وزنه على سرعة س التى مقدارها ٩٦و٩٨٠

شغل القوة — اذا استعملت قوة لتحريك جسم أو مجموع أجسام فالنتيجة المتحصلة لا تتعلق بشدتها فقط بل بالمسافة المقطوعة ونقطة تطبيقها مثلا لاجل رفع كيلوجرام الى مترين يلزم شغل ضعف الشغل الذى يلزم لرفعه الى متر ويعنى بشغل القوة تأثيرها فى نفس الحركة وناتج شدة القوى فى المسافة المقطوعة وأما نقطة تأثيرها فهو شغل القوى التى يدل على تأثيرها الناتج ووحدة الشغل هو الكيلوجرام متر أى الشغل الذى يلزم لرفع كيلوجرام الى ارتفاع متر والآن يستعمل فى الطبيعة وحدة أخرى وهى (الارج) وسنذكرها فيما سيأتى ويمكن ان القوة تؤثر أحيانا فى اتجاه مضاد لاتجاه المسافة المقطوعة وحينئذ لا يستعمل الا جزء منها يختلف مقداره فى القلة والكثرة بحسب صغر وكبر الزاوية التى يفصلها المتحرك فى المسافة فمثلا اذا كانت عربة من عربات السكة الحديد موضوعة على الشريط وجذبها حصان فالصعوبة التى يكابدها الحصان تكون أعظم فى الاتجاه المنحنى منها فى الاتجاه الموازى للشريط ولا يوجد أدنى نتيجة اذا كان الجذب فى اتجاه عمودى على اتجاه الاشرطة وفى هذه الحالة لا يعتبر الا الجزء المستعمل من القوة

الآلات البسيطة — هى كل جسم أو مجموع أجسام معاق عن حركته بمانع ثابت يمكن بواسطته وضع القوى فى حالة الموازنة مهما كان عظمها واتجاهها وبالنسبة لهذا الوضع لا يكون من الضرورى ان القوى تعطى ناتجا معدوما لاجل الموازنة اذ يكفى أن هذا الناتج يقابل المانع الثابت وينعدم بمقاومته

والآلة البسيطة هى المتكونة من جسم واحد صلب وهى ثلاث بالنسبة للمانع الذى يعوق حركة الجسم

الاولى الرافعة وهى التى يكون فيها المانع نقطة ثابتة يدور حولها الجسم بغاية السهولة فى جميع الاتجاهات

الثانية العيار وهو الذى فيه المانع عبارة عن مستقيم ثابت وجميع نقط الجسم قابلة أن تفعل دوائر حول مراكز تكون على هذا المستقيم والاسطحة عمودية عليه

الثالثة السطح المائل وفيه يرتكز الجسم وينزلق على سطح متسع

الروافـــــع

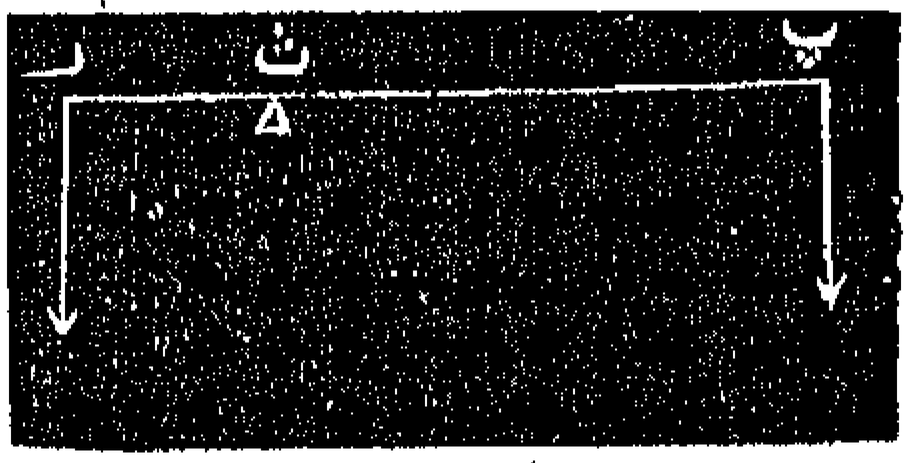
الرافعة ساق مستقيمة غير قابلة للانثناء أو منحنية متحركة حول نقطة ثابتة تسمى نقطة الارتكاز وعلى هذه النقطة تؤثر قوتان احداهما تسمى قوة والثانية مقاومة . والرافعة ثلاثة أنواع

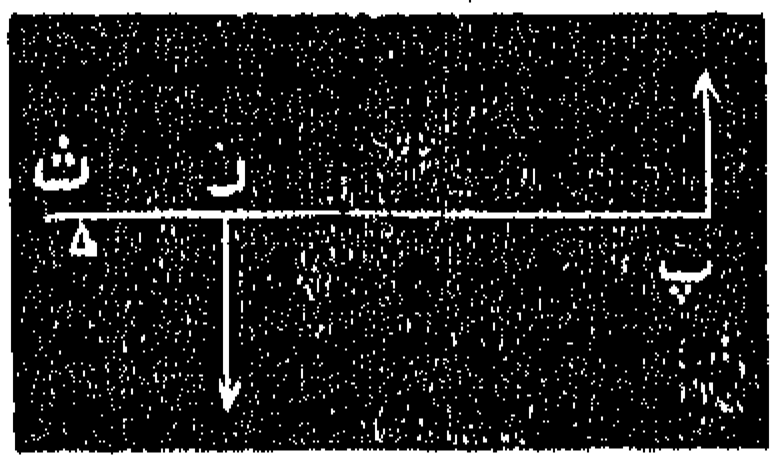
الاولى (شكل ١٩) تكون فيها نقطة الارتكاز ث موضوعة بين القوة پ والمقاومة ر

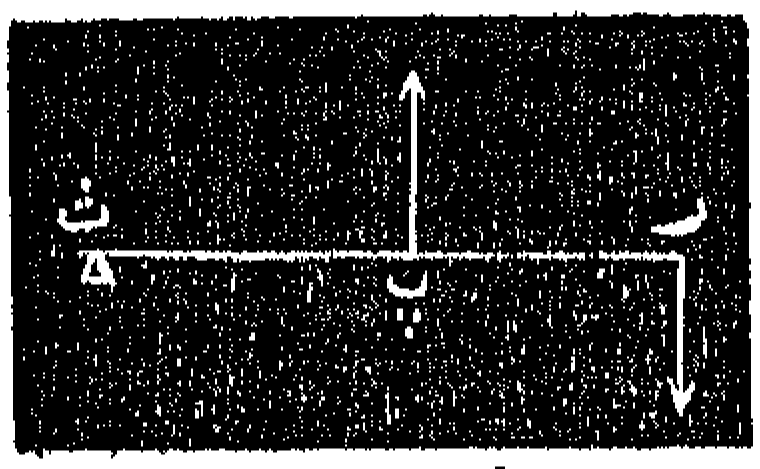
الثانية (شكل ٢٠) تكون فيها المقاومة ر بين القوة پ ونقطة الارتكاز ث

الثالثة (شكل ٢١) تكون فيها القوة پ موضوعة بين نقطة الارتكاز ث والمقاومة ر

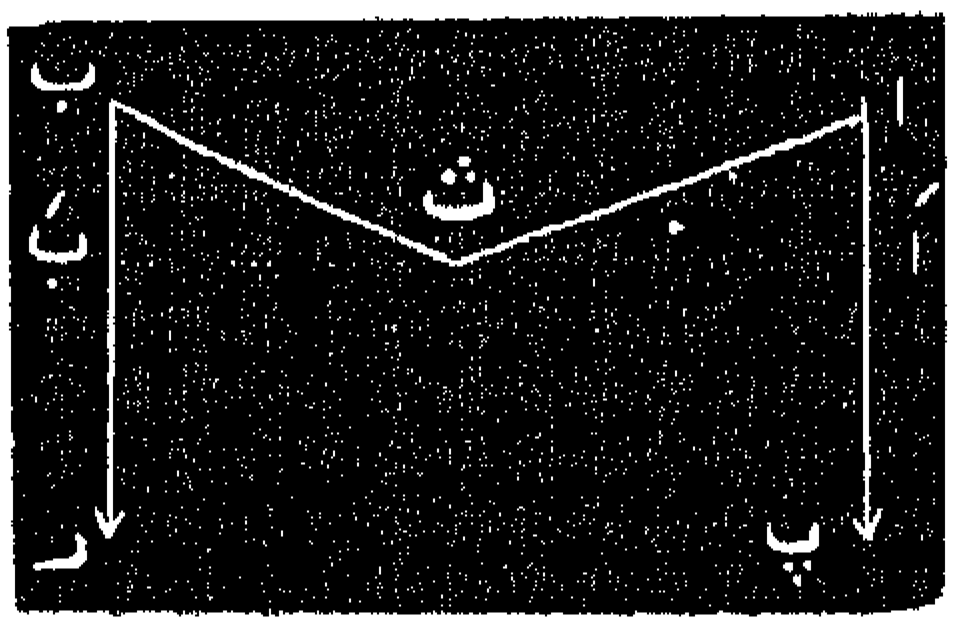
ويسمى طول العمود المتجه من نقطة الارتكاز على اتجاه أى قوة أو على اتجاه استطالتها ذراع الرافعة لاى قوة فمثلا كما فى (شكل ١٩) ث ر هو ذراع رافعة المقاومة و ث پ هو ذراع رافعة القوة


ش ١٩

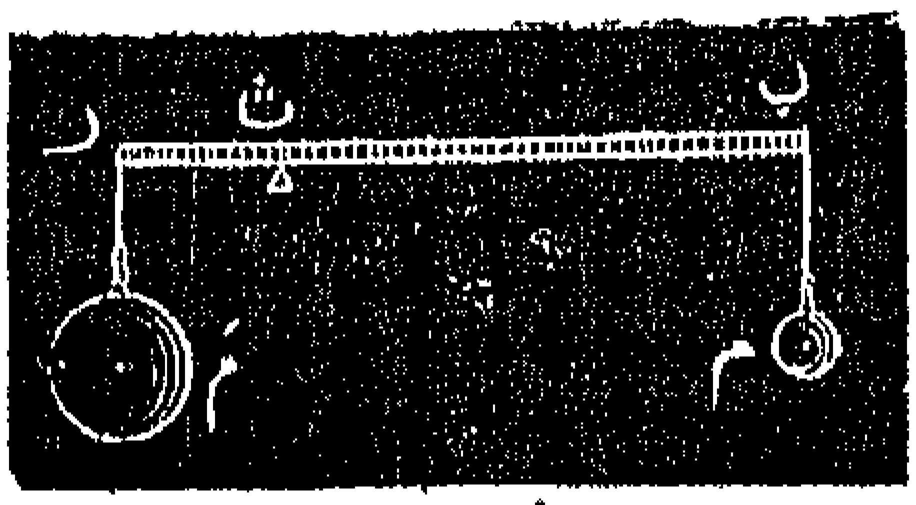

ش ٢٠


ش ٢١

(وشكل ٢٢) الذى يدل على رافعة منحنية الساق يكون الخط ث بَ هو ذراع رافعة المقاومة ر و ث أَ هو ذراع رافعة القوة پ وموازنة قوتين مؤثرتين على رافعة مؤسس على القاعدة الآتية التى استكشفها (ارشميد) وهى أن القوتين المؤثرتين على رافعة يتوازنان متى كانت نسبة بعضهما لبعض على حسب عكس ذراع الرافعة المؤثرتين على طرفيها فمثلا ر ب (شكل ٢٣) رافعة من النوع الاول فيها الذراعان غير متساويين وان الكتلتين

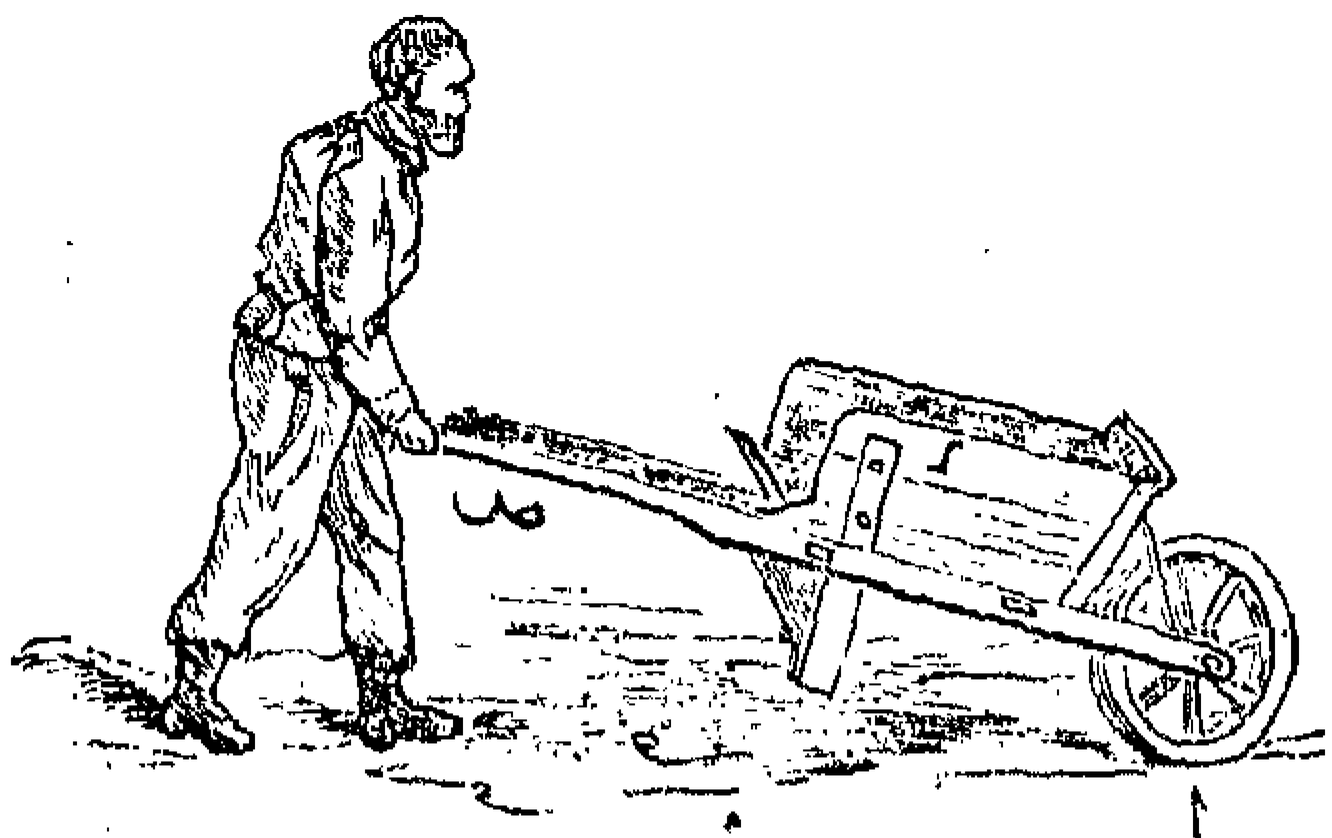

ش ٢٢

م و مَ معلقتان فى طرفيها ب و ر وذراعا الرافعة هما ث ب و ث ر فاذا فرضنا مثلا ان هاتين الكتلتين فى حالة الموازنة يحصل على $\frac{م}{مَ} = \frac{ث ر}{ث ب}$ أى ان الكتلتين تكونان على حسب عكس طول ذراعى الرافعة واذا فرضنا مثلا ان ذراع الرافعة ث ب أطول من ذراع ث ر ثلاث مرات فالكتلة م تكون أصغر من الكتلة مَ ثلاث مرات وتوازنها


ش ٢٣

فينتج من هذه القاعدة انه اذا كان ذراعا الرافعـة متساويين ووضع فى طرفيها قوتان عموديتان يلزم أن تكونا متساويتين لاجل الموازنة وهذه هى الحالة التى تشاهد فى الميزان المعتاد

استعمال الروافع — للروافع استعمالات عديدة فى المنافع المعتادة ولها بعض تطبيقات طبيه فالميزان المعتاد والقبانى رافعتان من النوع الاول والمقراض بشعبتيه أيضا فالقوة هى الاصابع ونقطة الارتكاز هى المسمار الذى فى الوسط والمقاومة هى المقروض ومن النوع الثانى الآلات المستعملة فى الاشغال اليدوية عادة فان أغلب آلات الشغل تتعلق به وذلك مثل العربة الصغيرة المرسومة فى (شكل ٢٤) لان نقطة ارتكازها فى نقطة ا الملامسة للارض والقوة فى نقطة ص أى الجزء الذى يقبض عليه باليد والمقاومة هى الوزن أو الشئ الموضوع فى العربة

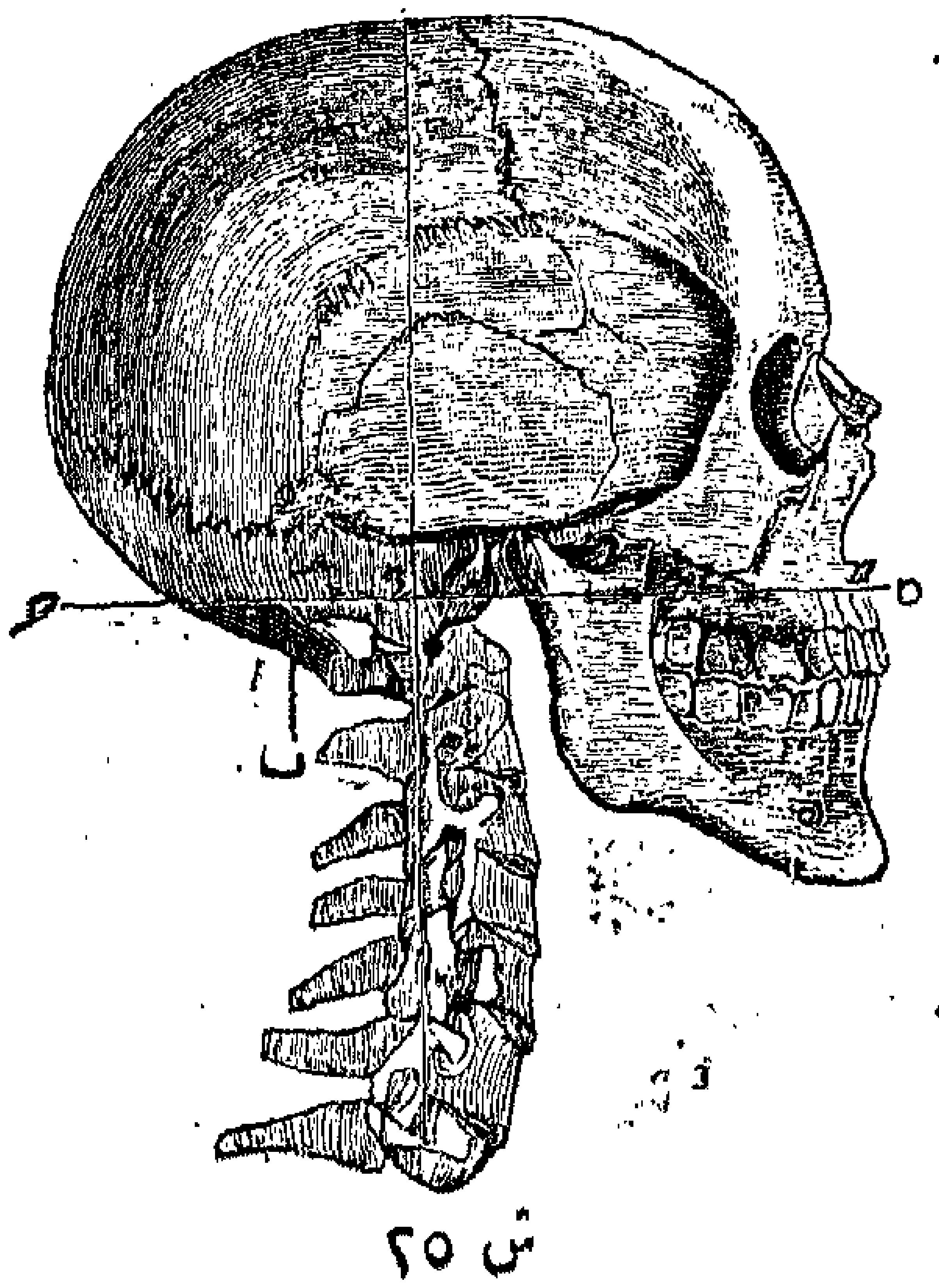


ش ٢٤

ومن النوع الثالث آلات تكون القوة جهة الذراع الصغير وحينئذ يلزم فعل مجهود عظيم بالنسبة للمقاومة التى يراد قهرها لكن أهميتها بالنسبة لكون المقاومة تقطع مسافة أعظم من التى تقطعها القوة ولذلك يكتسب فى السرعة ما يفقد فى القوة

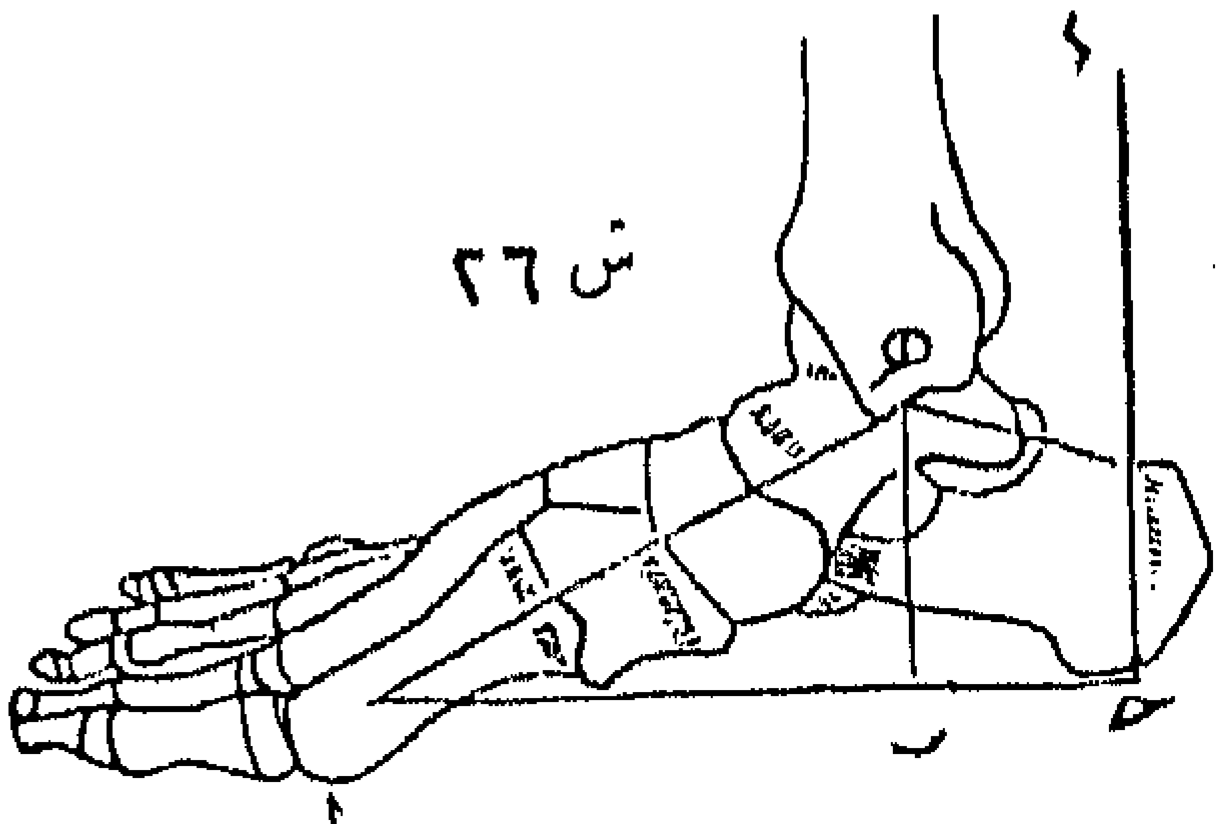
تطبيق الروافع على الاعضاء — فى جسم الانسان جملة أمثلة للروافع فمن النوع الاول حالة الموازنة فى الوقوف يكون الرأس فى حالة موازنة على العمود الفقرى والمفصل المؤخرى الحاملى يدل على رافعة من هذا النوع فيه نقطة الارتكاز فى ى (شكل ٢٥) والمقاومة هى وزن الرأس الموضوع الى الامام أعلى ذراع الرافعـة ى ه والقوة هى عضلات القسم الخلفى للعنق

والجذع المرتكز على رأسى الفخذين يكون رافعة من النوع الاول نقطة ارتكازها المفصل والقوة والمقاومة فى العضلات الموجودة فى الجزء المقدم والخلفى وهى تحدث دوران الجذع فى اتجاه مضاد وهذا النوع من الرافعة نادر فى حركات أطراف الانسان لكنه يشاهد بكثرة عند الحيوانات ذوات القوائم الاربع

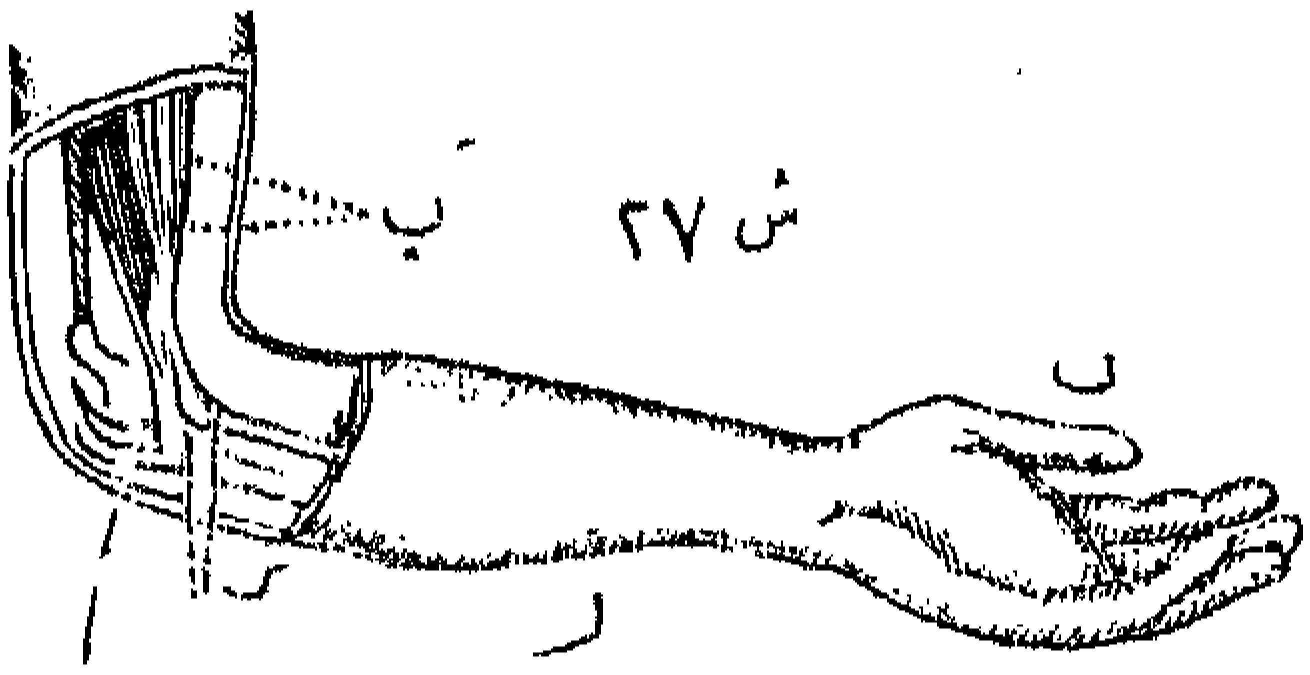


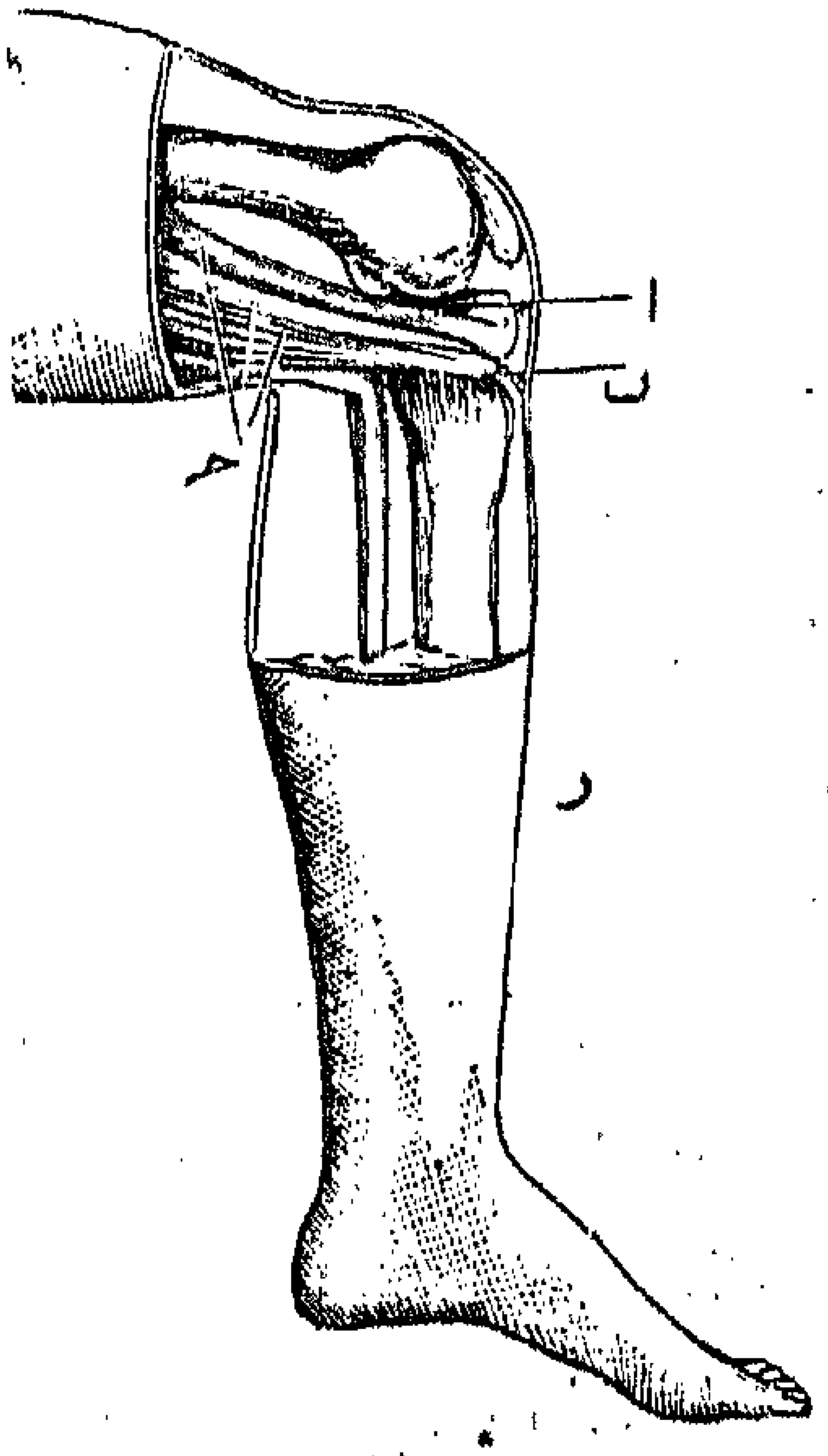
ش ٢٥

أما النوع الثانى من الروافع فلا يشاهد منه عند الانسان سوى حالة واحدة وهى أثناء رفعــه جسمه عنـــد ارتكازه على طرف قدمه فيشاهد بكثرة عنـد الانسان أثناء المشى فيستعمله عند رفع جسمه مثــل ما يستعمله عند رفع الاثقال فنقطة الارتكاز تكون فى نقطة ا وهى نقطة اتصال مفاصل المشط بالاصابع (شكل ٢٦) والقوة هى عضلات سمانة الساق فتؤثر على حسب الاتجاه الرأسى ح ى والمقاومــة هى وزن الجسم المؤثر فى اتجاه القصبة هـ ر وذراعها هو ا ر



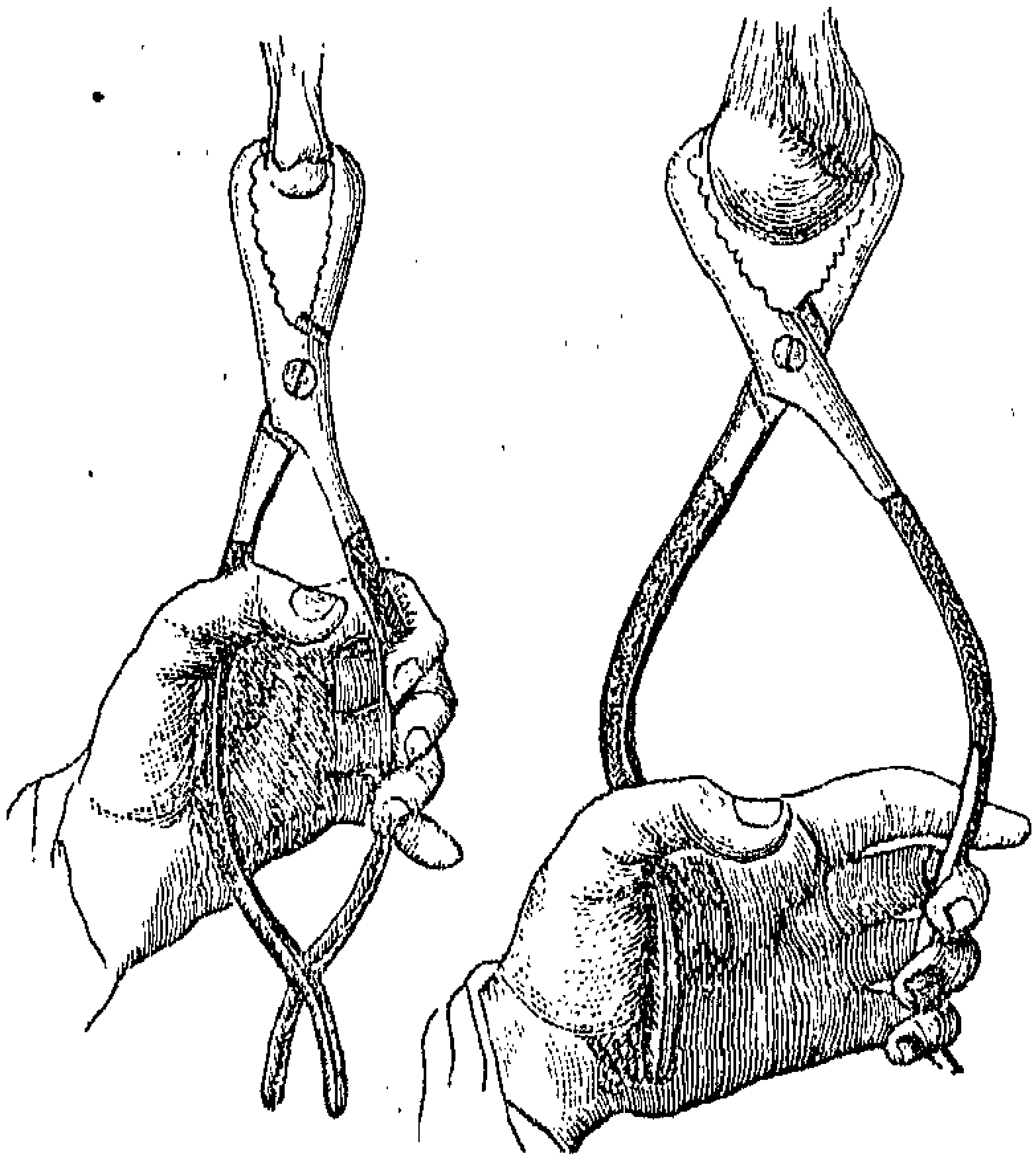
وأما الرافعة التى من النوع الثالث فهى الاكثر انتشارا وهى رافعة الحركـــة فتشاهد فى أغلب الحركات الكليــة والجزئيــة خصوصا فى حركات الانثناء ففى حركة انثناء الساعد على العضد (شكل ٢٧) تكون نقطــة الارتكاز فى ا وهى مفصــل العضـــد مع الزند والقـــوة هى تأثيـر العضلات ب القابضة وهى ذات الرأسين المقدمة العضدية المنـدغمة فى نقطة ى فذراع رافعتها يكون ا ى والمقاومة هى وزن الساعــد ونقطة تطبيقها تكون فى مركز ثقل هذا العضو وهى نقطة ر وحينئذ يطول ذراع رافعة المقاومة عند رفع اليد أثقالا فنقطة ر تتقدم نحو طرف اليد الى نقطة ب وبذلك تزداد القوة الضرورية بازدياد المقاومة ويطول ذراع الرافعــة وعند حدوث قصر قليـــل فى العضلات ب تكابد اليد تغيرا فى مسافة عظيمة وفى انثناء الساق على الفخذ تحدث الظاهرة عينها فالمفصــل ا يدل على نقطة الارتكاز (شكل ٢٨) والقوة تكون من انقباض عضلات الفخذ المندغمة فى نقطة ب والمقاومة هى وزن الساق الموجود فى نقطة ر كما فى الشكل





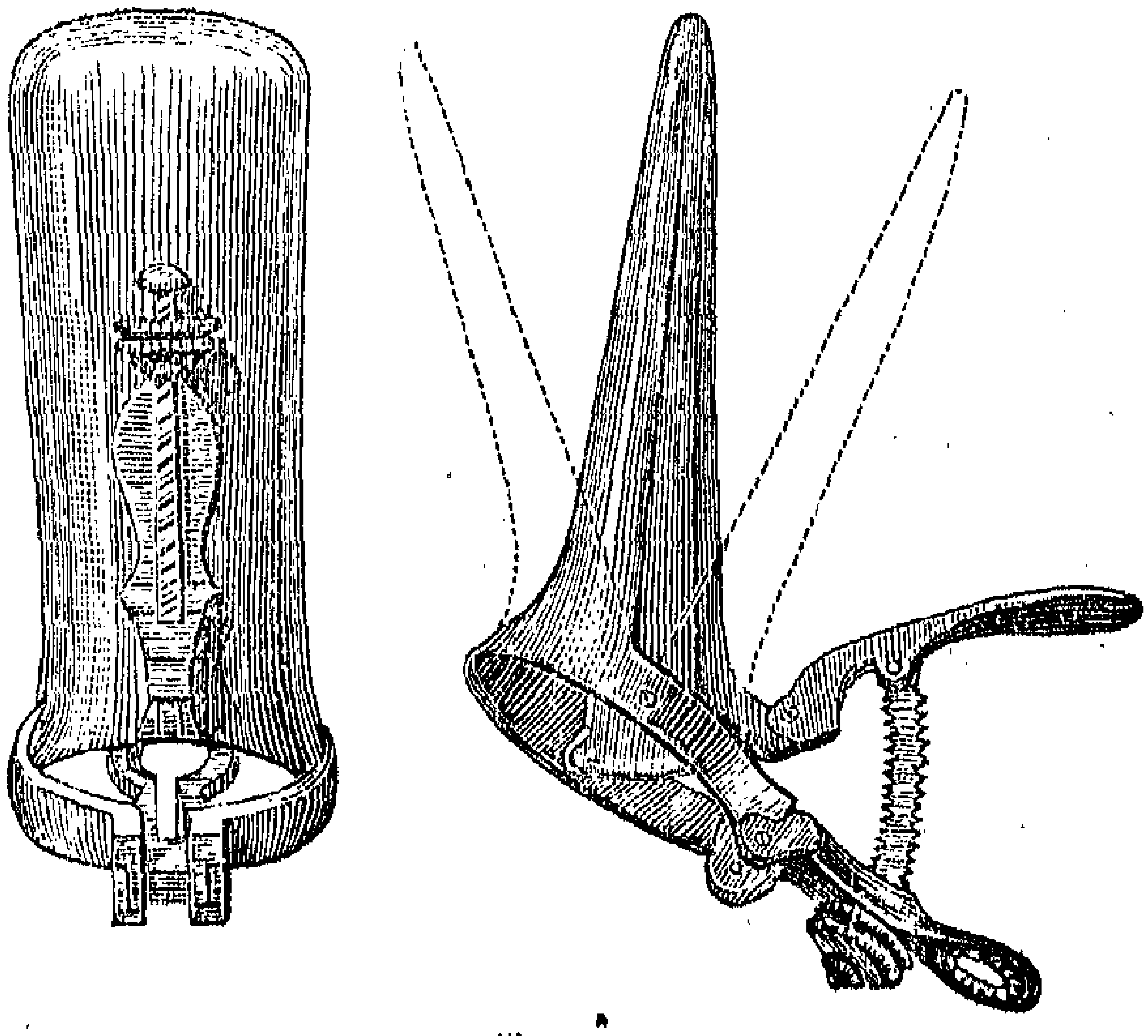
ش ٢٨

تطبيقات الروافع على الالات الجراحية — يوجد عدد كثير من الآلات مؤسس على قاعدة الروافع منها الآلات الجراحية والآلات الرافعة فمن الاولى المقراض والجفوت والمقصات والكلابات والمنظار الرحمى فهذه الآلات منسوبة الى النوع الاول من الروافع فاذا أريد مثلا فعل قوة عظيمة يعطى للشعبتين المعدتين للقبض على الجسم أو لقطعه طول قصير جدا عن المقبوضتين باليد كما فى المقراض وبعض الجفوت والمقصات والكلابات (شكل ٢٩)



ش ٢٩

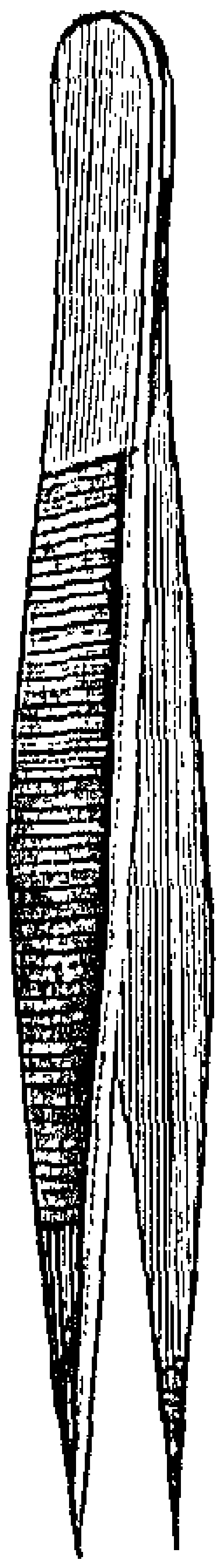
وأما اذا أريد فعل مجهود قليل كما فى المقصات والمنظار الرحمى (شكل ٣٠) فيعطى للطرفين طول يكون واحدا تقريبا وأحيانا تكون الشعبتان المقبوضتان باليد أقصر من الاخرى ومتى كانت الشعبتان القاطعتان للمقص عظيمتى الطول كان المجهود أعظم اذا كان الجسم المراد قطعه قريبا من محور الدوران



ش ٣٠

وعلى العموم تفتح الشعب وتغلق فى آن واحـد ويمكن الحصول على فتح احداهما عنـد غلق الاخرى كما فى المنظار الرحمى ويكفى لذلك انحناء احدى الروافع أو انحناؤهما دون مساواة

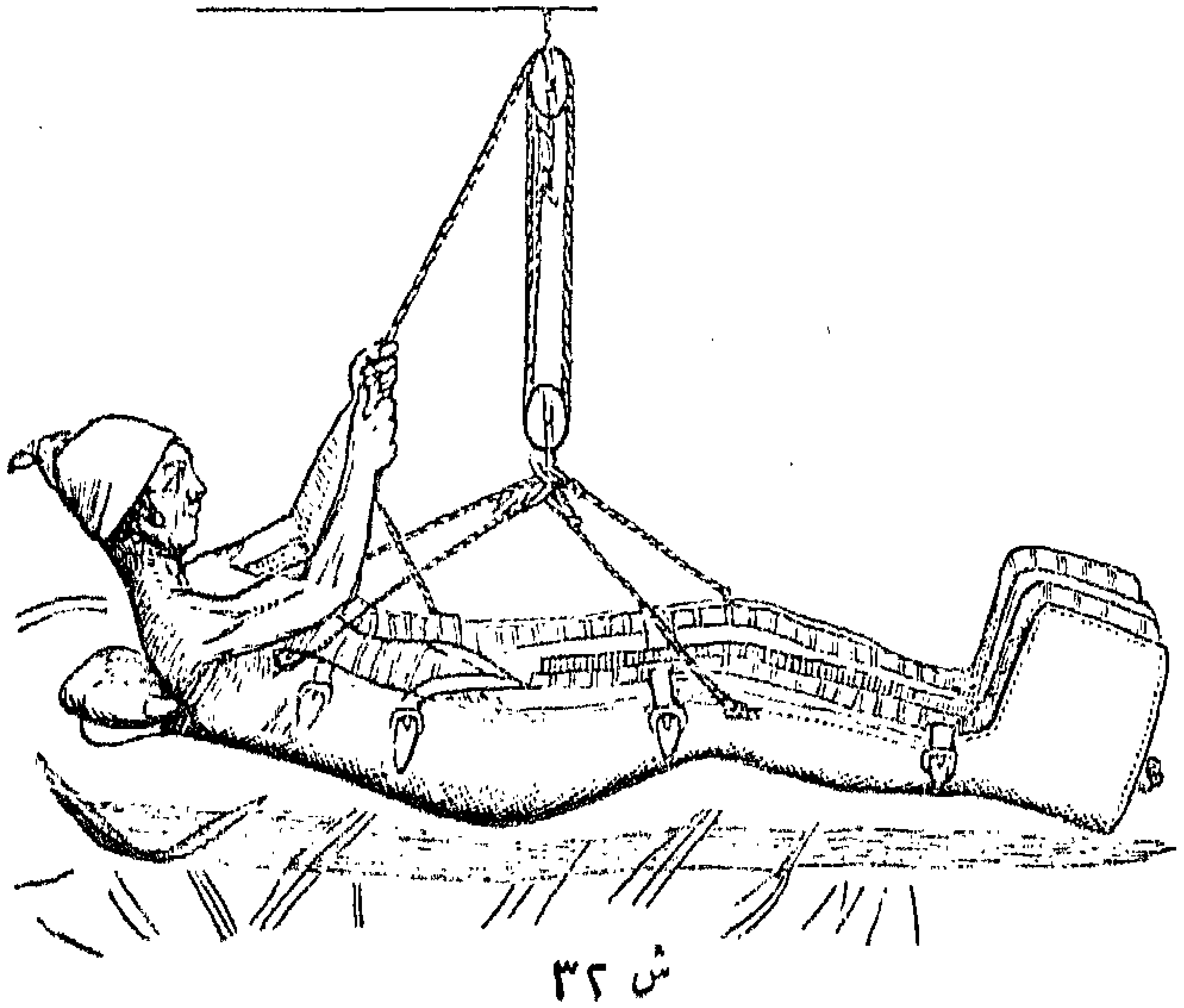
ولا نشاهد الروافع من النوع الثانى فى الآلات الجراحية بل فى بعض الآلات الاعتيادية كالآلة المستعملة لتكسير البنـدق والجوز ونشاهد الروافع من النوع الثالث فى جفوت التشريح لان القوة فى الوسـط وهى النقطة التى يقبض منها الجفت باليد والمقاومة هى الجزء المقبوض عليه ونقطة الارتكاز هى نقطة اتصال الفرعين (شكل ٣١)



ش ٣١

ومن الثانيـة الآلات الرافعة وهى ثلاث أنواع الآلة الرافعة الحقيقية وهى تدور حول محور أفقى ومعـدة لرفع الاثقال وصـعود المياه من الآبار والاحجار والملفاف الذى محوره رأسى ومعد لجر الاثقال على الارض والبكرة التى شكلها على شكل عجلة وفى دائرتها ميزاب يقبل حبلا فالقوة والمقاومة تكونان فى طرفى الحبل ويلزم لحدوث الموازنة ان تكون القوتان متساويتين وفائدة البكرة تغير اتجاه القوة وذلك ضرورى فى بعض الاحوال وشكل البكرة هو شكل الآلة الرافعة المستعملة بالاكثر فى الطب فتستعمل على شكل عيار

العيار ــ هو عبارة عن اجتماع جملة بكرات موضوعة على محور واحد فى وسط واحد ويتكون العيار عادة من بكرتين مجموعهما يكون سطحا فالعيار العلوى (شكل ٣٢) معلق فى خطاف ثابت والآخر متحرك ويوجد فى العيار العلوى حبل

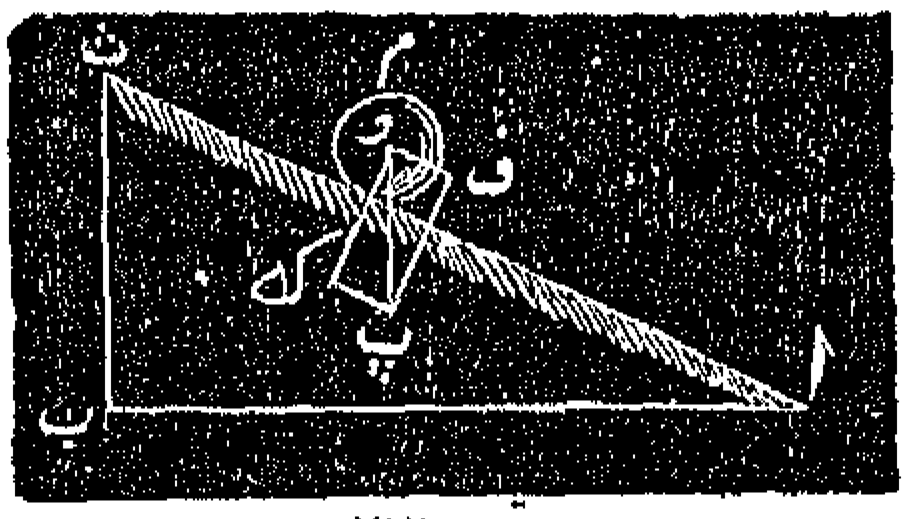


ش ٣٢

ثابت ملتف على البكرة الاولى من العيار الثابت ثم ينزل أسفل البكرة الثانية من العيار السفلى وهكذا و يوجد فى طرفه الانتهائى المنفصل عن البكرة الاخيرة من العيار العلوى القوة والمقاومة المؤثرتان على خطاف ثابت من العيار المتحرك والقوة تساوى خارج قسمة المقاومة على عدد فروع الحبل والشجرة المستعملة فى عملية ثقب الجمجمة وهى نوع مثقاب تعد من الآلات الرافعة

السطح المائل

اعلم ان كل سطح كوّن مع الافق زاوية أقل من قائمة يسمى سطحا مائلا وكلما كانت هذه الزاوية حادة كانت سرعة الجسم الساقط أقل و بالعكس والجسم الثقيل اذا وضع على سطح أفقى استمر عليه فى حالة الموازنة لانه يكون متأثرا بقوتين متضادتين احداهما ثقله والاخرى مقاومة السطح فاذا وضع على سطح رأسى سقط بسرعة لان مقاومة السطح تكاد أن تكون مفقودة والمؤثر انما هو ثقل الجسم واذا وضع على سطح مائل لا يفنى الثقل من مقاومة السطح بل يضعف وصورة السطح المائل مرسومة فى (شكل ٣٣) فالسطح المائل



ش ٣٣

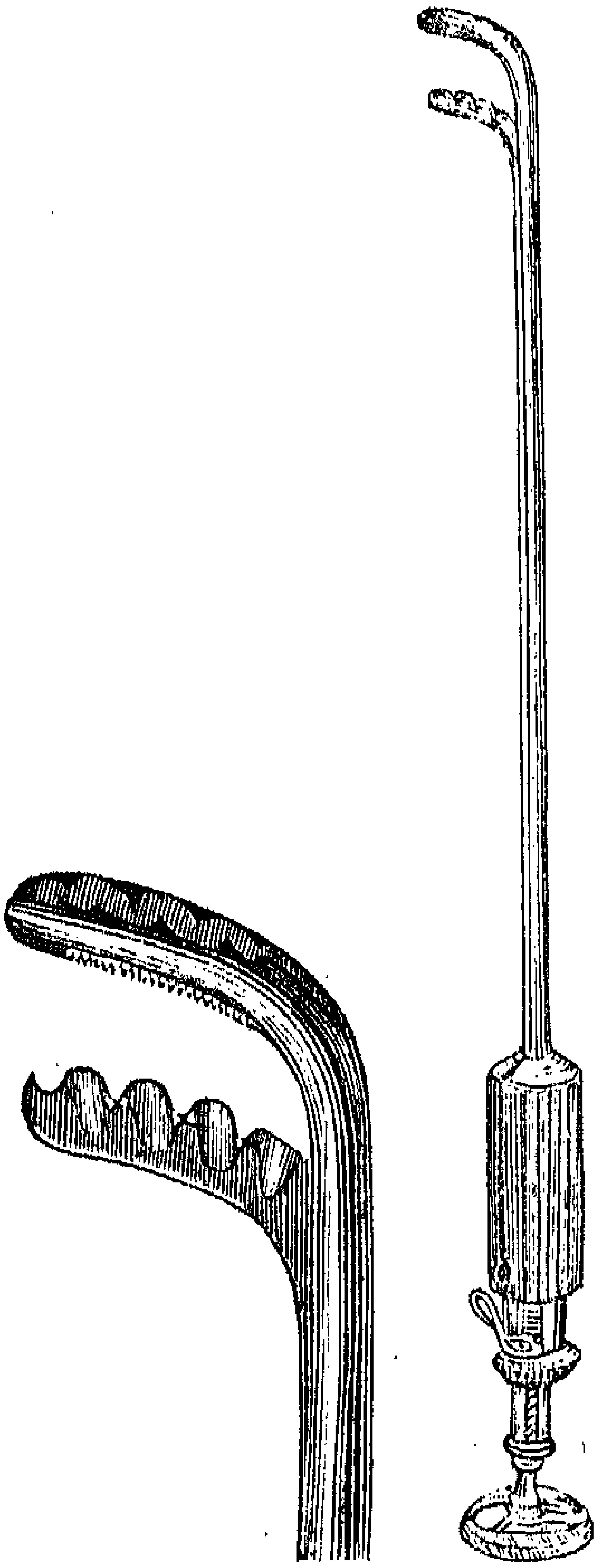
ث ا مكوّن مع الافق ا ب زاوية حادة ث ا ب والعمود الساقط ث ب من نقطة ث على الخط الافقى ا ب يدل على ارتفاع السطح المائل ومن نقطة ث الى ا يدل على طوله فاذا فرضنا أن متحركا م ذا شكل مستدير موضوعا على هذا السطح ومتأثرا بثقله پ المنطبق عموديا على مركزه فى نقطة و لا يمكنه أن يتبع هذا الاتجاه حيث ان مقاومة السطح تمنعه ولكن هذا الثقل يتحلل الى قوتين ك و ف احداهما عمودية والثانية موازية للسطح فالقوة الاولى ك تفقد بمقاومة السطح والثانية ف هى الفعالة وبتكوين متوازى الاضلاع للقوى و ف پ ك ينتج مثلثان و ف پ و ث ب ا قائما الزاوية متشابهان حيث ان زواياهما متساوية ويعطيان التناسب

$$\frac{\text{و ف}}{\text{و پ}} = \frac{\text{ث ب}}{\text{ث ا}} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{ف}}{\text{پ}} = \frac{\text{ث ب}}{\text{ث ا}}$$

فينتج من ذلك أن القوة الفعالة ف هى فى الوضع الحقيقى للمتحرك م وذلك مثل ارتفاع السطح المائل بالنسبة لطوله فحينئذ اذا كان ارتفاع السطح أقل ٢ و ٣ و ٤ مرات عن طوله فالقوة ف تكون ٢ و ٣ و ٤ مرات أصغر من قوة الثقل پ ومن ذلك ينتج أن سرعة

المتحرك على السطح تكون أقل من سرعته اذا سقط عموديا فيشاهد أن تلك المسافات تكون بالنسبة لبعضها مثل ١ و ٤ و ٩ وأما قانون السرعة فيتحصل عليه من قانون المسافات

تطبيقات السطح المائل — من الآلات الجراحية ما هو مطبق على السطح المائل مثل الحقن والطلومبات ومفتتات الحصاة (شكل ٣٤) والآلات البازلة



ش ٣٤

أهمية الآلات — من المهم معرفة النتائج التى يتحصل عليها بواسطة الآلات فانها تكون أحيانا سببا فى موازنة أى قوة مهما كان عظمها مع قوة أخرى أصغر منها بكثير فمثلا اذا فرض رافعة احد ذراعيها أطول من الذراع الآخر بعشرة أو مائة أو ألف مرة يمكن موازنتها بقوة أصغر منها ١٠ أو ١٠٠ أو ١٠٠٠ مرة والآلات الرافعة والعيارات وباقى الآلات يتحصل منها على نتائج مشابهة لذلك

نعم لا يكون الامر كذلك اذا كانت الآلة فى حالة حركة لانه اذا أريد رفع ثقل بواسطة رافعة قوتها أصغر عشر مرات يلزم ان ذراع الرافعة يكون أطول عشر مرات فنقطة تطبيق القوة تقطع مسافة أكثر من المقاومة عشر مرات وحينئذ ما يكتسب من القوة يفقد فى المسافة المقطوعة والشغل المتحصل يكون مساويا للقوة المستعملة ويشاهد ذلك فى كل آلة متى اكتسبت حركة منتظمة وان الشغل المحرك يساوى الشغل المقاوم

فالآلات لا تفعل حينئذ شغلا أزيد من الذى يفقد انما تزيد فى احدى قسمى الشغل حسب الارادة فيكون إما فى القوة أو فى المسافة المقطوعة بشرط نقصان أحدهما بالتناسب وذلك من الفوائد العظيمة اذ به يمكن حصول شغل وبدونه يكون الحصول عليه مستحيلا أو صعب جدا وفى الحقيقة لم يتحصل من الآلات على تمام الغاية المطلوبة لان الشغل لا يستعمل بتمامه بل يفقد جزء منه فى العمل وان النتيجة المتحصلة تكون دائما أقل من الشغل المحرك فيفقد جزء منه

بالاحتكاك وجميع المقاومات القاصرة مع أن الشغل المحرك مساو لكمية الشغل المستعمل وشغل المقاومة ويعلم مما تقدم انه يستحيل حصول حركة مستمرة أى انه متى ابتدأت الآلة فى الشغل لا يمكن أن تستمر عليه الى ما لا نهاية بدون أن يعطى لها شغل ولا يمكن أن تعطى شغلا أعظم من الذى يعطى لها

نظرية القوة الحية — متى كانت نقطة مادية فى أى حركة كانت فنا تج كتلتها ك فى مربع سرعتها س يسمى القوة الحية وحينئذ ك س٢ يكون هو القوة الحية ويعبر بهذه الكيفية عن القوة الحية لجسم جميع أجزائه متأثرة بسرعة واحدة والقوة الحية ليست فى الحقيقة قوة بل هى عظم أى مقدار مخصوص من أشكال القوة وسيأتى التعبير عنه

وقد بينوا أن مجموع شغل القوى المؤثرة على جسم يساوى نصف تغير القوة الحية لهذا الجسم وهو الذى يقال له نظرية القوة الحية وهى من المهمات فى الميكانيكا ومن ذلك ينتج أن الشغل الذى يتحصل عليه من جسم يكون متناسبا مع كتلته ومربع سرعته فى آن واحد فمثلا الآلة المسماة (موتون) المعدة للطرق على الخوابير وهى عبارة عن كتلة صغيرة من الحديد الزهر معلقة فى حبل مار على بكرة يجذبه جملة أشخاص لرفع الكتلة المذكورة ثم يتركونه فجأة فتسقط الكتلة على رأس الخابور فينغرس من شدة المصادمة ففى هذا الجهاز يكون الشغل الحاصل ليس متعلقا بالكتلة وبوزن الجسم فقط بل متعلق بالارتفاع الذى وصلت اليه الكتلة وسرعتها الان النتيجة المتحصلة تكون أعظم من التى يتحصل عليها اذا وضعت الكتلة الحديدية على رأس الخابور بدون مصادمة وكذلك التلف الذى يحصل من كلة المدفع عند مصادمتها الحائط يزيد بقدر مساو لسرعة المقذوف

الشدة — هى خاصية فى الجسم بها يحدث شغلا فالحجر الساقط وكلة المدفع المقذوفة وماء النهر تحدث شدة لان سقوط الحجر ومصادمة الكلة المانع وادارة الماء الطاحونة تحدث شغلا وفى هذا المثل تكون الشدة واضحة وتسمى الشدة الحالية فشدة الجسم الحالية تساوى قوته الحية ويمكن مشاهدتها بكيفية أخرى وهى اذا علق ثقل فى ارتفاع شوهد فيه الشدة لانه اذا قطع الحبل المعلق فيه الجسم سقط الجسم المذكور وأحدث أثناء سقوطه شغلا وكذلك اذا شد زنبلك ثم ترك ونفسه حصل فيه حركة ومسحوق البارود اذا التهب رمى المقذوف فشدة هذه الاجسام التى هى خفية أو كامنة تختلف باختلاف طبيعتها او شكلها أو بوضعها او بحسب الاحوال يمكن ان تستحيل الى شدة حالية ولاجل تمييزها عن غيرها يقال لها الشدة المكتسبة

ومشاهدة الظواهر تدل على ان الشدّة الحالية والمكتسبة لجسم تستحيلان دائما بالعكس احداهما الى الاخرى بحسب ان مجموعهما يكون ثابتا فاذا قذف حجر فى الهواء بدون سرعة فان سرعته تأخذ فى التناقص وتنقص شدّته الحالية عنـد صعوده و بسقوطه على الارض يحدث شغلا يزداد فى العظم وتأخذ شدته المكتسبة فى الازدياد وأحيانا تنقص الشدّة المكتسبة والحالية فى آن واحد و بمشاهدة الظواهر يشاهد ظهور خاصية أخرى كالحرارة والضوء والكهربائية ومنها يظهر ان الشدّة قد اختفت واستعيضت بظواهر مخصوصة ولذلك ان الكمية من الشدّة يمكن استعاضتها بكمية ثابتة من الحرارة تكافئها فكمية الشدّة اللازمة فى الكون تكون حينئذ ثابتة لا يمكن حذف جزء منها ولا حدوث كمية جديدة أخرى بل يمكن استحالتها فقط وحفظ المادة والشـدة هما القاعدتان العظيمتان فى العـلم الحـالى ويختص علم الكيميا باسـتحالة المادة وعلم الطبيعة باستحالة الشدة

المقـــاييس

(المقاييس المطلقـــة)

قياس العظم هو البحث عن الكمية التى احتوى عليها الجسم من الوحدات التى من نوعه فقط فعدد الوحدات أو كسور الوحدة يدل على عظم وقلة الجسم المبحوث عنـه ويمكن قياس العظم بطرق مختلفة بوحدات مأخوذة بوجه تقريبى بحيث لا يوجد بينها أدنى ارتباط وان هـذه الوحدات معينة بطريقة محكمة فكان المستعمل قديما فى قياس الاطوال التوأز وفى الاسطحة القصـبة وفى الاحجام المكاييل ولم يكن لهـذه المقاييس ارتباط ببعضها ومع ذلك فباختبار الوحدات المختلفة التى لها ارتباط ببعضها يسهل القياس وتكون النتيجة سهلة ونوع هـذا المجموع من القياس يقال له القياس المطلق والمجموع المترى هو أحد الامثلة

نوع الوحدات س ج ث ـ قد اختـارت جمعية الكهربائيـة المنعقدة فى (باريس) سنة ١٨٨١ نوع قياس مطلق حصل الاتفاق عليـه الآن وهو انهم أحالوا الوحدات المتفق عليها الى وحدات صغيرة وهى وحدة الطول والكتل والزمن فالاولى هى السنتيمتر أى جزء من مائة فى درجة الصفر من المتر المعين ووحدة الكتل هى الجرام أى الجزء من الالف من الكيلوجرام المعين ووحدة الزمن الوسطى هى الثانية أى $\frac{1}{24} \times 60^2$ من اليوم الشمسى المتوسط وبنسبته لهـذه الوحدات قد رمز لكل منها بحرف للاستـدلال عليـه فالحرف س يدل على السنتى و ج على الجرام و ث على الثانية

وخلاف هذه الوحدات الاصليـة يوجد وحدات مستنتجة منها بحيث يكون بينها ارتباط بسيط جدا

فمثلا وحدة السرعة هى وحدة سرعة المتحرك الذى يقطع مسافة قدرها سنتيمتر فى مدة ثانية ووحدة السرعة المتزايدة هى السرعة المتزايدة لجسم متحرك بحركة منتظمة متزايدة تزيد سرعته سنتيمتر فى كل ثانية

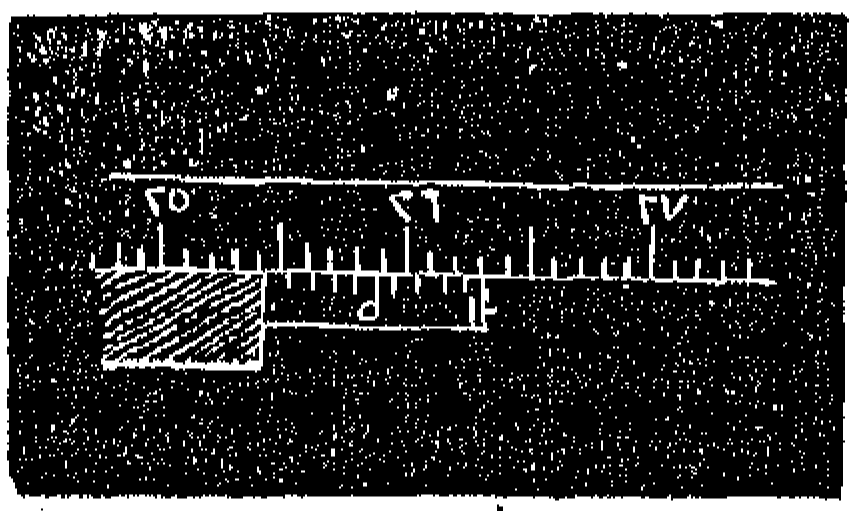
ووحدة القوة التى تحدث وحدة السرعة فى جسم متحرك فيـه وحدة الكتلة تسمى (دين) والجرام يعادل ٩٨١ دين فيكون الدين حينئذ أرقى من الملليجرام قليـلا ومعنى الدين القوة ووحدة الشـغل هى الكميـة من الشـغل الناتجة من وحدة القوة التى تغـير نقطة تطبيقها من سـنتيمتر الى آخر فى اتجاهها الخاص وهـذه الوحدة تسمى (إرج) ومعناها الشغل وهى تقريبا عبارة عن الشـغل الناتج من ملليجرام واحـد ساقط من ارتفاع قدره واحد سـنتيمتر ويستعملون عادة مضاعفات الارج التى تسمى (ميجرج) أعنى ١ مليون إرج والكيلوجرام متر يساوى ٩٨ (ميجرج)

آلات القيـاس

قياس الاطوال ـ المقاييس المستعملة فى الطبيعة معدة لقياس الاطوال خصوصا قياس الكتل والازمنـة وقد تعين لذلك ثلاث وحدات أصلية للقياس س ج ث فالزمن يتعين بالساعات والكرونومتر ذى الحركة المنتظمة وفى الغالب بالبندول وقياس الكتل يتعين بالميزان الذى نذكره فيما سيأتى ولنذكر هنا الآلات المستعملة لقياس الاطوال فنقول

تعين الاطوال عادة بواسطة المتر الاساسى المقسم الى سنتيمتر ومليمتر بواسطة آلة التقسيم التى سنذكرها

الفرنييـه ـ هـذه الآلة كما فى (شكل ٣٥) عبارة عن مسطرة صغيرة تتحرك على مسطرة مقسمة وهى تدل على كسور الملليمتر ولاجل الحصول على (فرنييـه) تقابل العشر يعين ابتـداء على المسطرة الصغيرة طول قدره ٩ ملليمتر ثم يقسم هذا الطول عشرة أجزاء متساوية يساوى كل منها حينئذ $\frac{9}{10}$ ملليمتر ويوضع



ش ٣٥

المتر فى مقابلة الطول المراد قياسه يشاهد ان الطول مثلا بين ٢٥٤ و ٢٥٥ ملليمتر فلتعيين هذا الكسر من الملليمتر تزلق (الفرنييه) الى انتهاء طرف الطول ويبحث عن موافقة أحد هذه الاقسام

مع أقسام المسطرة فاذا فرضنا أن العدد الثالث من التقسيم هو الذى توافق مع تقسيم (القرنييه) ومعلوم أن كل قسم من أقسام (القرنييه) يعادل $\frac{٩}{١٠}$ ملليمتر فالعدد الثانى من تقاسيم (القرنييه) يكون بعيدا عن التقسيم القريب من المسطرة بمسافة قدرها $\frac{١}{١٠}$ ملليمتر وكذلك التقسيم الاول بمسافة قدرها $\frac{٢}{١٠}$ ملليمتر ونقطة الصفر تكون بعيدة عن الرقم ٢٥٤ بمسافة $\frac{٣}{١٠}$ ملليمتر فحينئذ اذا كان هذا التقسيم الثالث هو المطابق لتقسيم المسطرة فالكسر المبحوث عنه يكون $\frac{٣}{١٠}$ ملليمتر

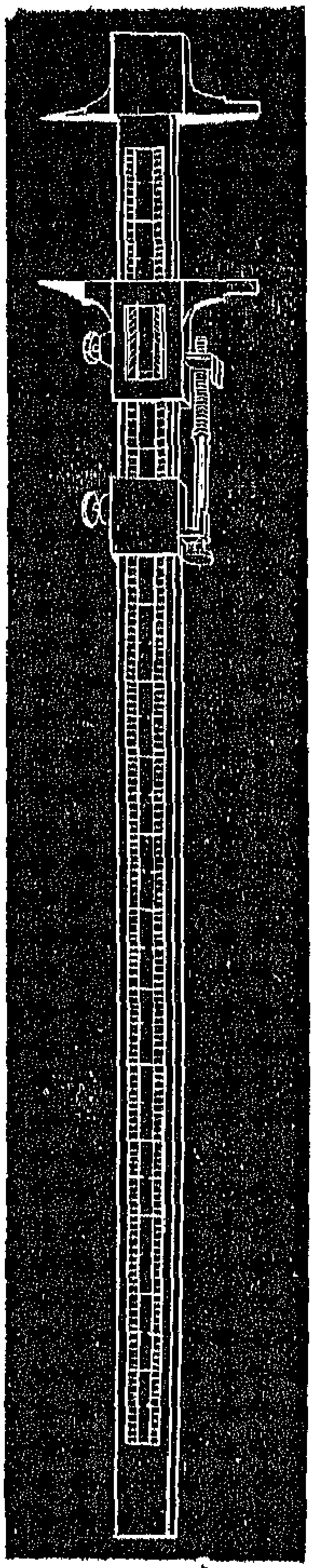
ويشاهد أحيانا أن التقسيم الثالث والرابع من القرنييه يكون منحصرا بين رقمين متواليين من المسطرة وحينئذ لا يوجد أدنى توافق وبذلك يكون الكسر المبحوث عنه ما بين ٣ر٠ و ٤ر٠ من الملليمتر لان الطول المبحوث عنه أكبر مما اذا حصل التوافق فى التقسيم الثالث وأصغر من التقسيم الرابع وبذلك يقدر بالقيمه ٣٥ر٠ من الملليمتر

واصنع (قرنييه) تقابل $\frac{١}{٢٠}$ من الملليمتر يؤخذ طول قدره ١٩ ملليمتر ويقسم ٢٠ جزأ متساوية ويستعمل كذلك (قرنييه) مستديرة لقياس الزاوية مؤسسة على القاعدة عينها

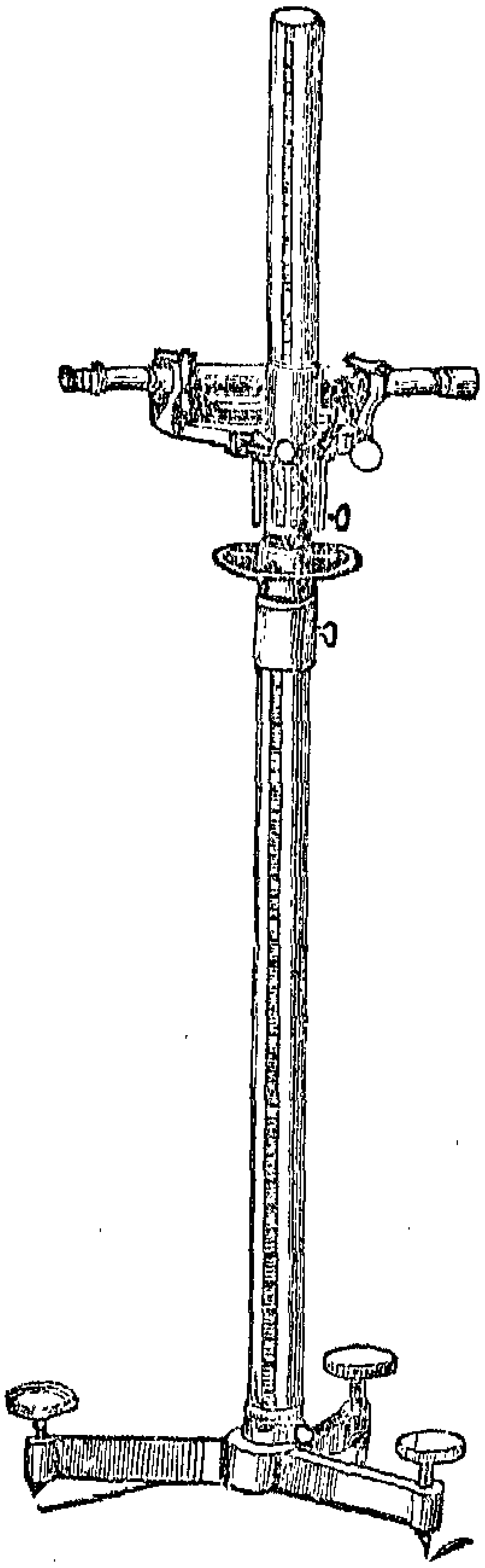
الكاتيتومتر — هو آلة معدة لقياس المسافة الرأسية لنقطتين سواء كانتا موضوعتين على رأسى واحد أم لا وهو مكوّن كما فى (شكل ٣٦) من نظارة صغيرة فلكية تنزلق على محور رأسى يدور على محوره فيوضع المحور فى الوضع الرأسى ابتداء والنظارة فى الوضع الافقى وهذا المحور مقسم الى ملليمترات والقطعة المتحركة الحاملة للنظارة توجد بها (قرنييه) فتثبت النظارة فى ارتفاع بحيث ان صورة احدى النقط تتطابق مع نقطة تصالب خيطين رفيعين يوجدان فى الآلة ومن ذلك يعلم أن هذه النقطة تكون على خط مستقيم محدود هو المحور البصرى وبواسطة تقاسيم المحور والقرنييه يعين وضع النظارة ثم يغير وضعها بادارة المحور الرأسى على نفسه اذا كان لذلك ضرورة حتى ان صورة النقطة الثانية تأتى وتنطبق على نقطة تصالب الخيطين ويعين وضع النظارة فالفرق بين التعيين الاول والثانى يدل على الارتفاع الذى تغير فيه وضع النظارة وهو المسافة الرأسية للنقطتين المنظورتين

ومن الآلات العديدة المستعملة لقياس الاطوال القدمة ذات المنقار والبرجل المعد لقياس السمك فالقدمة ذات المنقار هى كما فى (شكل ٣٧) مكوّنة من مسطرة مقسمة الى ملليمترات تنتهى بمنقار رأسى ويوجد منقار آخر مشابه له محمول على حاسب متحرك مكوّن من جزأين وفيه (قرنييه) فيوضع الطول المراد قياسه بين المنقارين ثم يقرب المنقار المتحرك حتى تحصل ملامسة المنقارين لطرفى الطول المراد قياسه وذلك بتثبيت القطعة السفلى للحاسب المتحرك

بواسطة برمة وتحرك القطعة العليا بواسطة برمة موازية للمسطرة حتى تحصل الملامسة كما ذكرنا ويوجد نوع آخر من هذه الآلة به جملة مناقير منتهية بأسنة مستعملة لقياس حساسية الجلد يسمى (الاستيزيومتر)



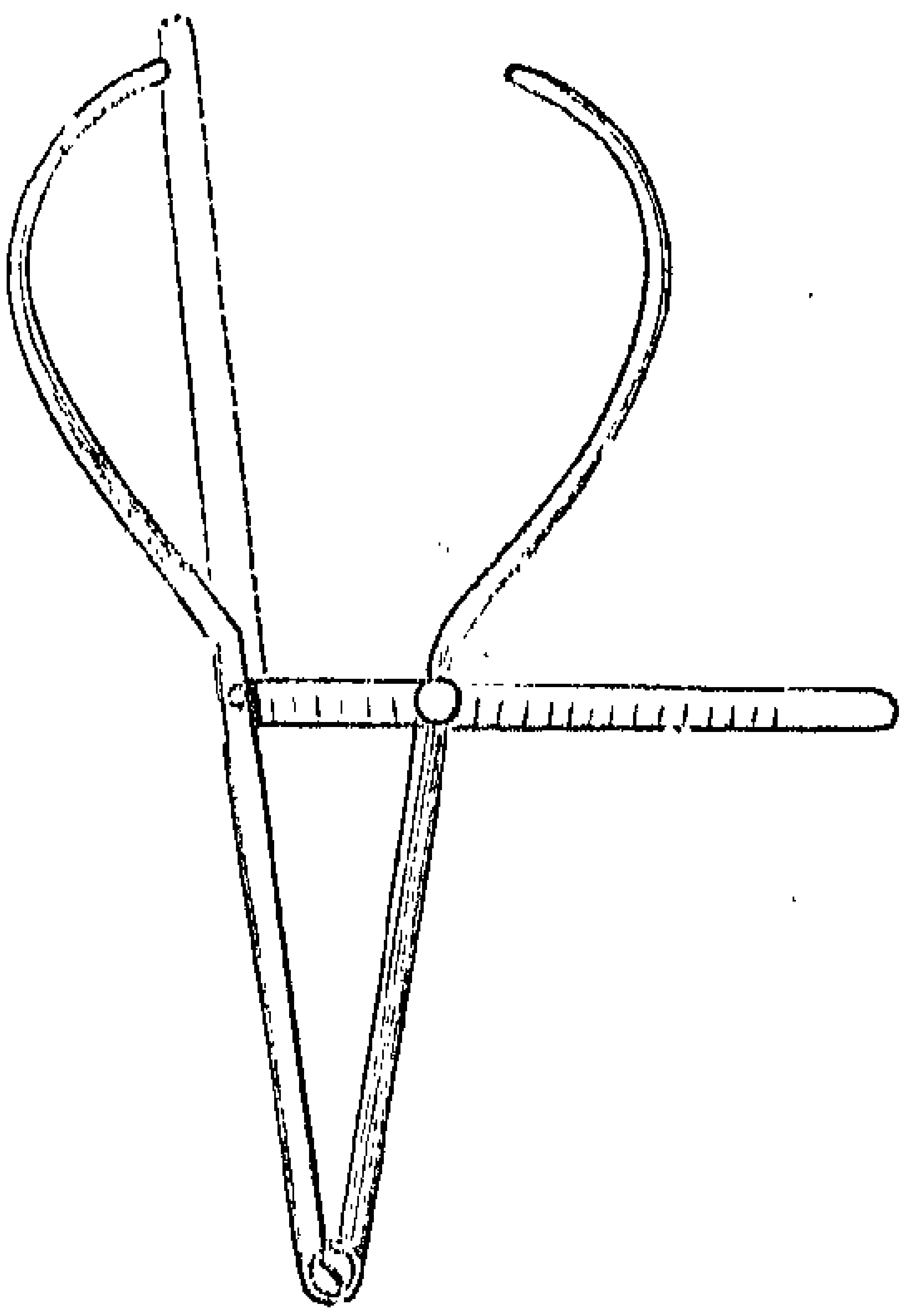
ش ٣٧



ش ٣٦

وأما برجل السمك فهو كافى (شكل ٣٨) سهل الاستعمال لانه معد لقياس طول وقطر الجسم الذى يوضع بين طرفيه ثم تقاس المسافة بين الطرفين بواسطة مسطرة مدرجة وبذلك يتحصل على الطول المطلوب

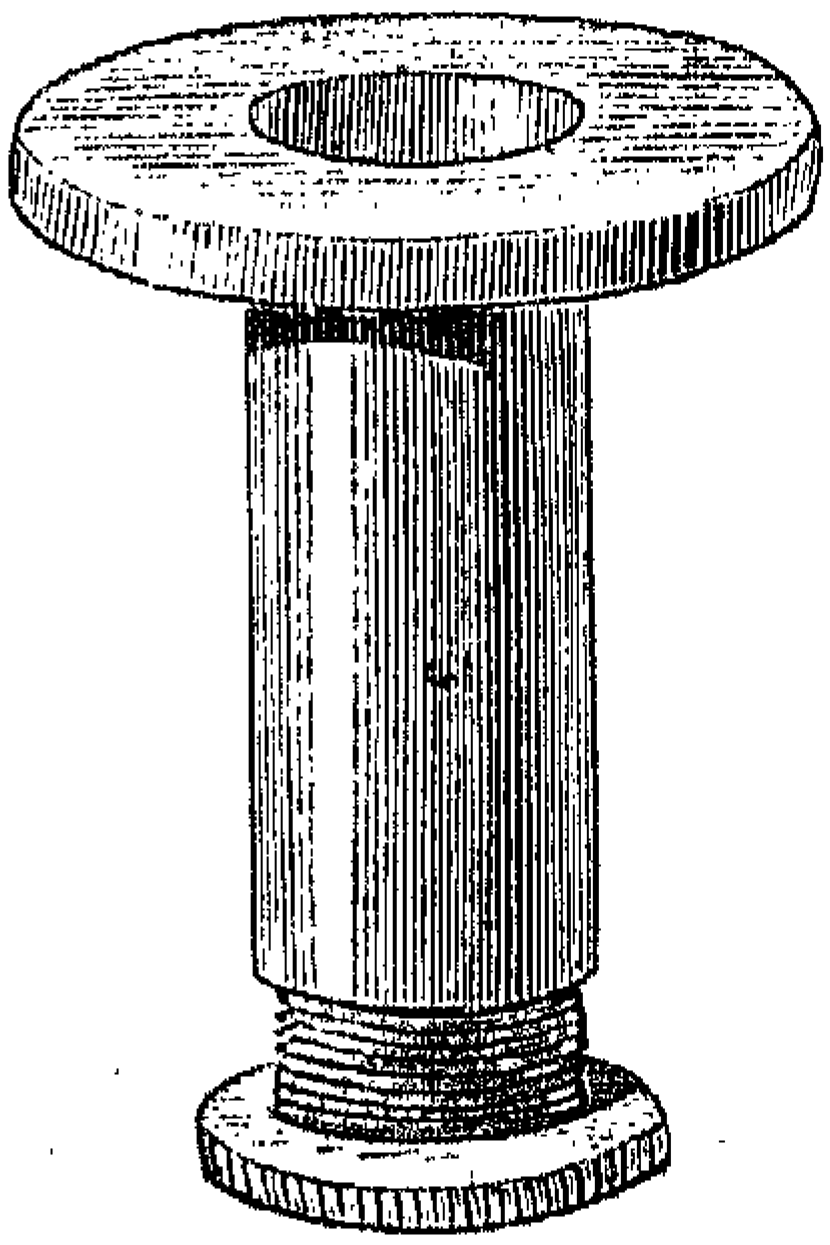
البرمة الميكرومترية ـ من آلات القياس ما يكون مؤسسا على خاصيـة البرمة والصامولة وهي قطعـة من الحـديد أو النحاس أو الخشب تدخل فيها البرمة على هيئة بريمـة ففي بعض الاجهزة تكون الصامولة ثابتة والبرمة متحركة في اتجاه موازلاتجاه محورها الرأسي وبدورانها دورة تامة تحدث تقدما طوله يوازي حركتها وأحيانا تكون البرمة ثابتـة أي انها تدور على محورها من غير تقديم أو تأخير والصامولة هي المتحركة حركة موازية لمحور البرمة بدون أن تتحرك معها وبهـذا الوضع تكون الصامولة كافيـة لتقـدم طوله يوازي حركتها عند دورانها



ش ٣٨

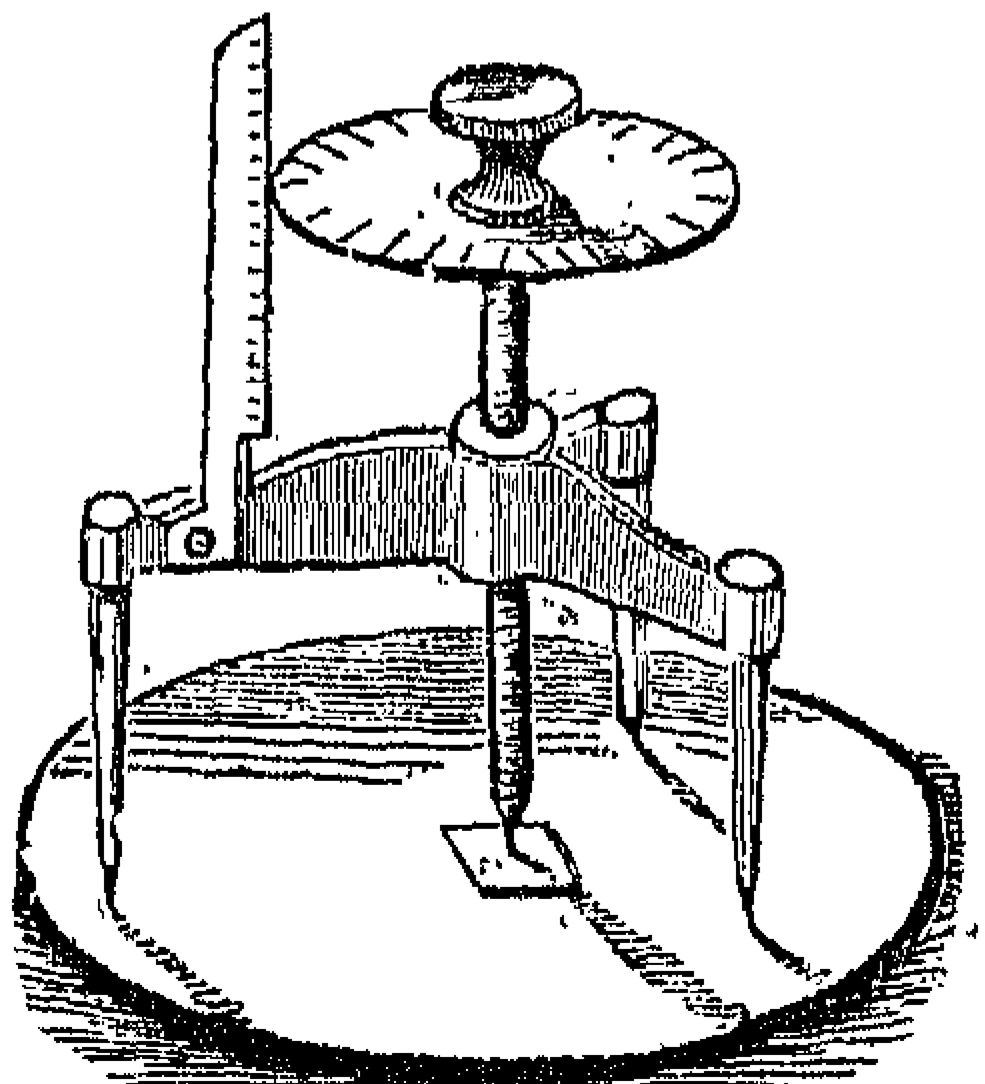
ولاجل القياس تستعمل برمة مضبوطة ذات حركة دقيقة جدا كنصف ملليمتر مثلا أثناء حركة تامة وهذا هو المعبر عنه بالبرمة الميكرومترية

ومن ضمن تطبيقات البرمة الميكرومترية نذكر هنا (الميكروتوم) المستعمل في القطوعات الرقيقـة المراد البحث عنها بالميكروسكوب فهو مكوّن من قطعتين تدخل احداهـما في الاخرى بحركة كحركة البرمة الدقيقة جدا كما في (شكل ٣٩) فيوضع الجسم المراد البحث عنـه بعـد فعل تجهيزات مخصوصة يدل عليها التشريح الميكروسكوبي في الانبوبة ثم يفعل قطع ابتـدائي بواسطة موس يزلق على سطح القرص الموجود أعلى الانبوبة ثم يدفع الجسم في باطن الانبوبة شيأ فشيأ بواسطة البرمة ويفعل القطع بعـد كل حركة من حركات البرمة بحسب القطاع المراد الحصول عليـه



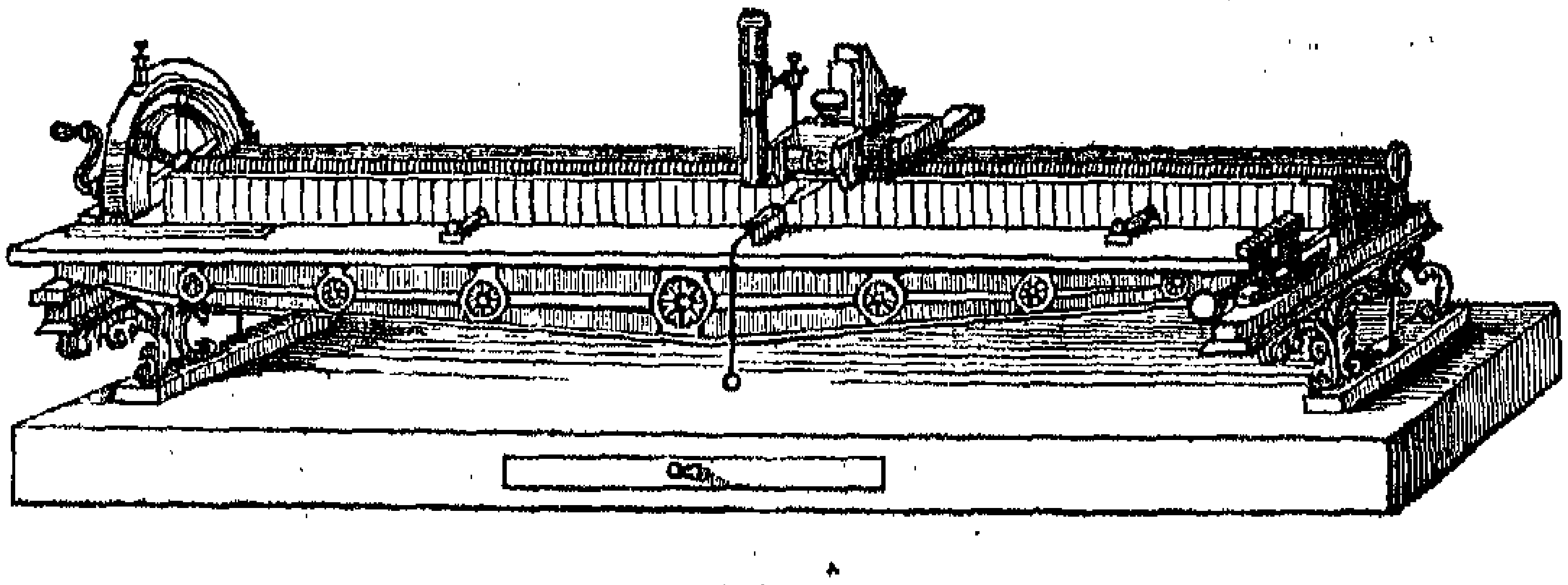
ش ٣٩

الاسفيرومتر — هو آلة معدة لقياس قطر كرة وفي الغالب يستعمل لقياس سمك الصفائح ذات الاسطحة المتوازية وهو مكوّن من برمة متحركة ذات صامولة ثابتة محمولة على حامل ذي ثلاث قوائم متوازية كما في (شكل ٤٠) والبرمة الرأسية تنتهي من جزئها السفلي بسن رفيع ومن جزئها العلوي بقرص عظيم دائرته مقسمة الى خمسمائة جزء متساوية فاذا كانت حركة البرمة تقابل نصف مليمتر تقدم القرص ١/١٠٠٠ مليمتر عند دوران كل قسم ويحمل أحد قوائم البرمة مسطرة رأسية مقسمة الى انصاف مليمتر ملامسة حافة القرص معدة لتعيين عدد الدوران الذي يحصل لرفع البرمة أو خفضها وكسور الدوران تعلم من أرقام التقاسيم الموجودة أمام الحد القاطع للمسطرة ولاجل قياس ثخن صفيحة ذات أسطحة متوازية بواسطة (الاسفيرومتر) توضع الصفيحة على قرص من زجاج مستو جدا بين قوائم الجهاز الثلاث ثم تخفض البرمة الميكرومترية حتى ان طرفها يلامس الصفيحة ملامسة تامة ثم تعين درجات القرص التي تقابل المسطرة المستعملة كدليل ثم ترفع الصفيحة وتخفض البرمة حتى يلامس طرفها قرص الزجاج فعدد الدورات الكاملة أو الكسرية التي انخفضتها البرمة يدل على ثخن الصفيحة



ش ٤٠

آلة التقسيم — هي معدة لقياس طول أو تقسيمه الى عدة أقسام وتتكوّن كما في (شكل ٤١) من برمة ثابتة تدور على نفسها بدون تقدم أو تأخر ومن صامولة متحركة موضوعة على عربة تتحرك على شريطين من الحديد أفقيين فيوضع الجسم المراد تقسيمه على هذه العربة



ش ٤١

ولاجل قياس طول يثبت على جانب الجهاز ميكروسكوب ثم تحرك العربة حتى ان أحد أطراف هـذا الطول يتوافق مع نقطة تصالب الخيطين ثم يعين وضع البرمة بالضبط ثم يدار الجهاز حتى ان الطرف الآخر للطول يكوّن صورة فى نقطة التصالب فعدد الدورات الكلى أو الكسرى المفعول بالبرمة يدل على الطول المبحوث عنه ويقاس عدد الدورات الكاملة بتقسيم النصف ملليمترات الموجودة على حافة العربة بعد معرفة النقطة الابتدائية بحاسب ثابت ويتحصل على كسور الدورات بواسطة حلقة كبيرة مقسمة توجد فى رأس البرمة وتدور أمام حاسب أيضا وانتدوير الجهاز يد

ولاجل تقسيم طول يبتدأ بقياسه ثم بوضع الميكروسكوب ويعين خط بواسطة سكينة بعد كل دورة من دورات البرمة التى تحدث تقدم العربة بقدر طول يساوى كل تقسيم مراد الحصول عليه وبوضع مخصوص يمكن الحصول على تقسيم متساو منتظم وهذا الوضع مختص بعلم الميكانيكا

التثاقل

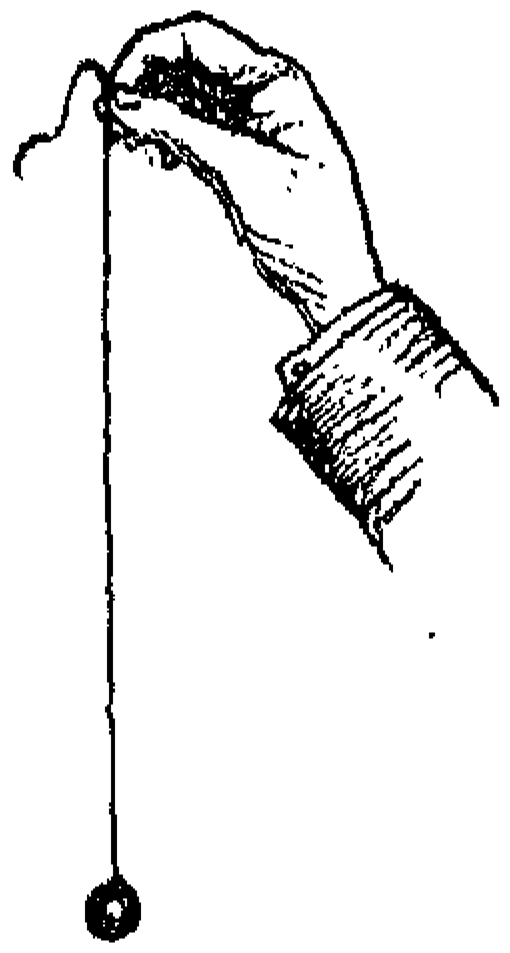
جميع الاجسام لها وزن — متى تركت الاجسام ونفسها بالقرب من سطح الارض سقطت نحوه وذلك دليل على أنها ذات وزن فالتثاقل هو كل سبب نتجت عنه هذه الحركة وقد فسر سقوط الاجسام (نيوتن) ومن معه بأن جميع جزيئات المادة يجذب بعضها البعض بنسبة مجموع كتلها وعلى حسب عكس مربع المسافات وينطبق هذا القانون على سقوط الاجسام وحركات الأفلاك

والتثاقل ليس هو الا حالة من الثقل العام وبعض الاجسام كالدخان والقباب المملئة بالايدروجين عوضا عن كونها تسقط نحو الارض ترتفع فى الهواء وهذا استثناء ظاهرى فقط فان سببه يكون الاجسام المغمورة فى الهواء تكابد منه دفعة اتجاهها مضاد لاتجاه الثقل وفى هذه الحالة تكون الدفعة أعظم منه وسنذكر بالتجربة تأثير الثقل وتعيين اتجاهه وشدته ونقطة تطبيقه

اتجاه الثقل — اذا علق خيط قابل للانثناء من أحد أطرافه فى نقطة ثابتة وأثرنا على طرفه الآخر بأى قوة كانت فالخيط يشتد آخذا للاتجاه المؤثرة فيه القوة بحيث ان المقاومة تكافئ القوة المؤثرة عليها وهـذه الطريقة البسيطة تسمح بتعيين اتجاه الثقل فان كان خيط معلق فى نقطة ثابتـة وعلق فى طرفه الآخر جسم ثقيل ذو حجم صغير فان اتجاه الخيط يدل

على اتجاه الثقـل متى كان فى حالة الموازنة وهـذا الجهاز الصـغير يسمى خيط الرصاص (شكل ٤٢)

واذا وضع خيط الرصاص أعلى إناء ممتلئ بسائل كالماء والزئبـق مثلا شوهد أن صورة الجهاز المتكونة فى السائل تكون على امتـداد الخيط نفســه وذلك بالنسبة لقوانين انعكاس الضوء فهذا دليل على أن خيط الرصاص عمودى على سطح السائل وان السطح المذكور أفقى والخط رأسى


ش ٤٢

وحقيقة اذا اعتـبرنا سطحا متسعا من الماء فان السطح لا يكون أفقيا بل منحنيا وتقريبا كرويا يدل على سطح الارض لكن بالنسبة لامتداد قليـل فالانحناء يكون مهملا ومن ذلك ينتج ان الاعمـدة المقـامة من نقط الارض المختلفـة لا تكون متوازية وذلك باعتبار أن الارض كروية وحينئذ تتقابل الاعمـدة المذكورة فى المركز ومع ذلك اذا اعتـبرنا خيطين من الرصاص متقاربين جدا من بعضهما فالزاوية المتكوّنة منهـما تكون مهملة ويمكن اعتبارهما متوازيين

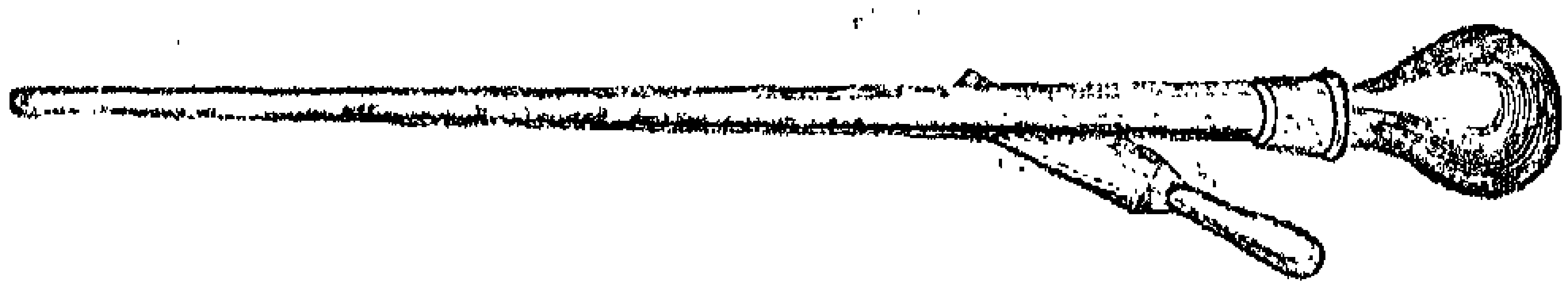
وبالقرب من الجبـل المرتفع يكون تأثير جذب كتلته عظيما بحيث يمكنه حدوث تغيـير خفيف فى حالة الموازنة

مركز الثقل ـ اذا جزئ جسم الى أجزاء صغيرة سقطت هذه الاجزاء نحو الارض ومن ذلك يعلم ان الجسم مكوّن من جملة أجزاء صـغيرة ذات وزن وان تأثير الارض يعلم بجملة قوى مساوية لقوى جزيئات الجسم ومن حيث ان جميع هذه القوى رأسـية ومتوازية فيمكن استعاضتها بناتج وحيد عمودى أيضا يسمى وزن الجسم ونقطة انطباقه تسمى مركز الثقل

تعيين مركز الثقـل ـ من الاجسام المتجانســة أى التى تركيبها واحد فى جميع نقطها لا يتعلق مركز الثقل الا بالشـكل لا بالجوهر والهندســة تساعده فى بعض الاحوال على تعيين وضـع هذه النقطة فمثلا اذا كان الجسم له مركز هندسى مثل كرة أو اسطوانة فمركز ثقـله ينطبق على هـذه النقطة واذا كان له محور أو سطح متمـاثل فمركز ثقله يوجد على هـذا المحور أو فى هذا السطح ويمكن بسهولة مشاهدة ان مركز ثقل المستقيم يوجد فى وسطه وفى المثلث فى نقطة تقابل المنصفات وفى السطح من تقابل المنصفات أيضا وفى الهرم أو المخروط على الخط الواصل من القمة الى مركز ثقل القاعدة فى ربع هذا الخط مبتدأ من القاعدة

واذا كان الجسم غير منتظم الشكل وتعـذر على الهندسـة تعيين مركز الثقل فتستعمل التجربة وهى أن يعلق الجسم بواسطة خيط ومتى حصلت الموازنة كان مركز الثقل على اتجاه استطالة الخيط بحيث ان الوزن ينعدم بشد الخيط ثم تعين هذه الاستطالة على سطح الجسم بقدر الامكان ثم يبتدأ بتعليق الخيط من نقطة أخرى وتعين هذه النقطة والخطان الممتدان من النقطتين يتقاطعان فى نقطة هى مركز الثقل

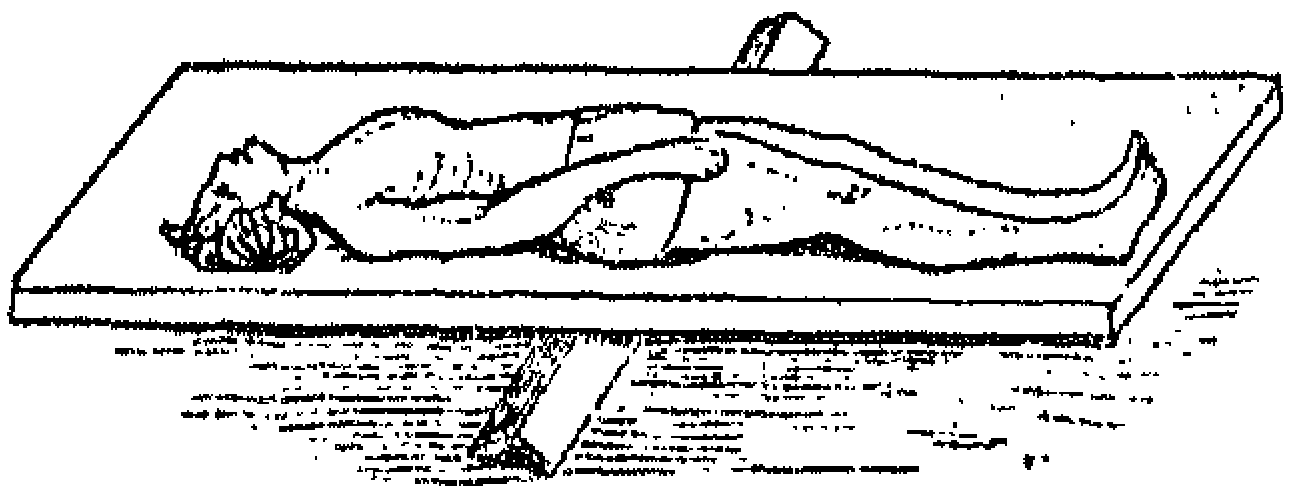
ويوجد طريقة أخرى وهى التى صار تطبيقها على جسم الانسان وتنحصر فى وضع الجسم على ضلع منشور مثلث بحيث يبقى فى حالة الموازنة فمركز الثقل يكون حينئذ فى السطح الرأسى الذى يمر بهذا الضلع والجسم الموجود فى (شكل ٤٣) له محور متماثل وتجربة واحدة تدل على مركز ثقل الجسم واذا لم يكن هناك تماثل فتفعل العملية ثلاث مرات وبذلك يتحصل على ثلاثة أسطحة تتقاطع فى مركز الثقل



ش ٤٣

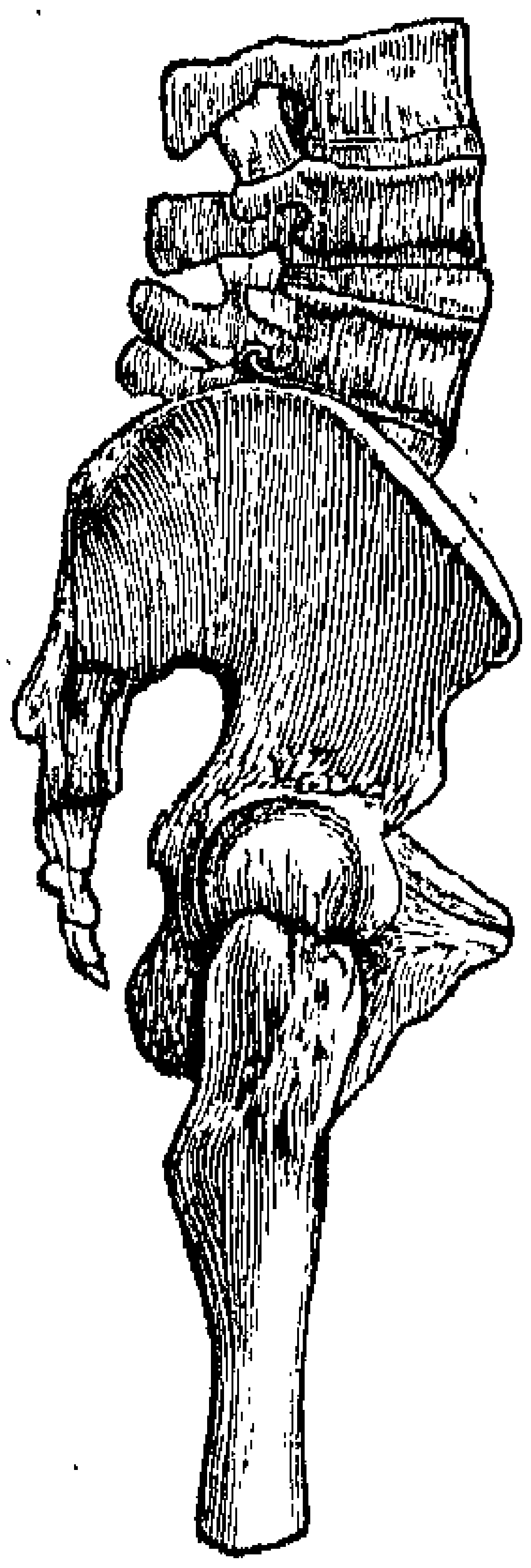
وبالنسـبة للاجسام الغير متجانسـة تكون المسألة متضاعفة ولذلك يلتجأ الى التجربة أو يعتبر كل جزء متجانس على حدته ويعين مركز ثقله ثم يتحصل على ناتج مجموع هذه القوى المختلفة

مركز ثقل جسم الانسان — البحث عن هـذا المركز ينسب الى (بوريللى) و (ويبر) فانهما استعملا الطريقة المتقدمة وذلك بوضع عرضة من الخشب على حد سكينة حتى صارت العرضـة المذكورة فى حالة الموازنة ثم وضع عليها شخص ملقى على ظهره وكان حد السكينة عموديا على طول الجسم كما فى (شكل ٤٤) فشوهد أن مركز الثقل فى السطح الرأسى على العمود



ش ٤٤

الفقرى مارا تقريبا من وسط الفقرة الاولى القطنية ويكون أيضا فى السطح المتوسط المقدم الخلفى وهو سطح تماثل مقدم تقريبا وكذلك يستغنى عن فعل تعيين آخر اذا نظر الى الوضع الرأسى الذى يكون فيه الجسم فى حالة الموازنة على رأسى الفخذين فمركز الثقل يكون حينئذ فى سطح رأسى عمودى على المتقدم مارا بمحور دوران الحوض على رأسى الفخذين وبتعيين هذه الانواع الثلاثة يرى أنها تتقاطع فى نقطة أسفل من السطح الافقى المار من المضيق المتكونة زاويته من الفقرة الاخيرة القطنية والعجز كما فى (شكل ٤٥) وفى هذا التعيين مفروض ان جسم الانسان غير متحرك كأنه مجموع صلب وفى المشى أو الجرى لا يكون الامر كذلك فيكون الجسم ذا مفاصل ووضع مركز الثقل يتغير فى كل وقت



ش ٤٥

موازنة الاجسام الكثيفة — قد ذكرنا ان تأثير الثقل على الجسم يمكن أن يعلم بناتج وحيد عمودى مساو لوزنه مؤثر على مركز ثقله ولاجل فعل الموازنة يكفى وضع قوة مساوية مضادة للاتجاه منطبقة على النقطة نفسها ويمكن الحصول على هذه النتيجة بثلاث طرق مختلفة وهى تثبيت مركز الثقل بخيط أو بمحور أو بسطح ثابت

ففى الحالة الاولى متى كان جسم معلقا بخيط فلا يمكنه أن يكون فى حالة الموازنة الا اذا كان الخيط عموديا ومركز ثقل الجسم فى اتجاهه

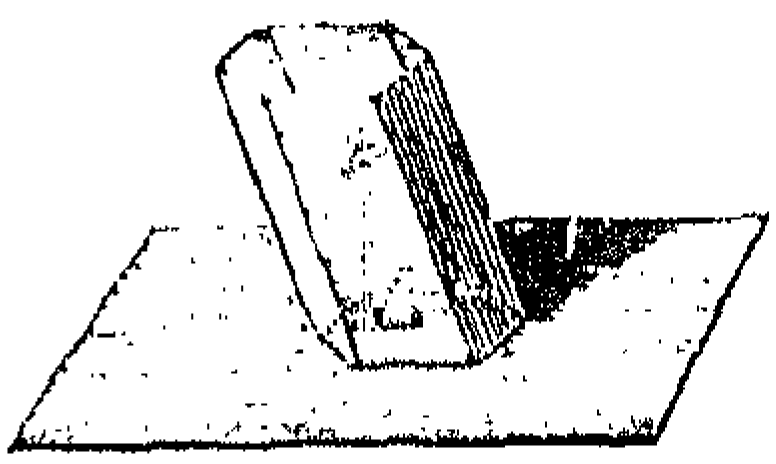
وفى الحالة الثانية اذا كان جسم صلب مثبتا بمحور أفقى يمكنه أن يدور حوله فلا تحصل الموازنة الا اذا كان مركز الثقل يمر بالمحور ويمكن الحصول على هذا الشرط بثلاث طرق مختلفة أيضا ومنها تنتج ثلاثة أنواع من الموازنة وهى موازنة متعادلة أى مطلقة وموازنة ثابتة وموازنة غير ثابتة

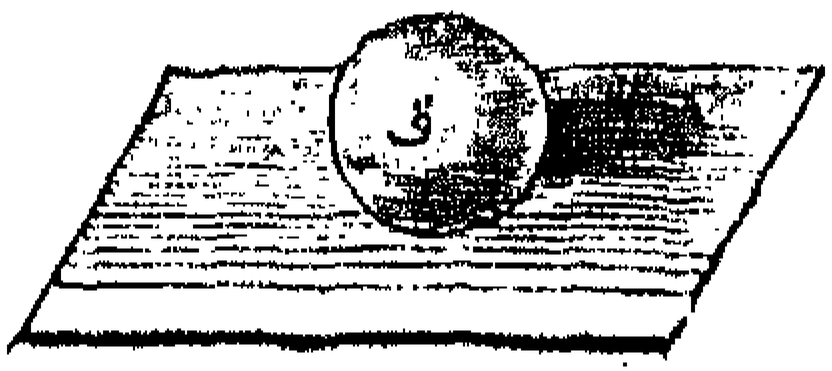
أما الموازنة المتعادلة أى المطلقة فهى التى يكون فيها المحور مارا من مركز الثقل وحينئذ يسهل مشاهدة الجسم فى حالة الموازنة فى جميع الاوضاع التى يعطاها حيث ان مركز ثقله ونقطة الارتكاز ينطبقان على الدوام

وأما الموازنة الثابتة فهى التى يكون فيها مركز الثقل أسفل المحور لانه متى بعد الجسم عن نقطة الموازنة يميل على الدوام الى الرجوع اليها بعد فعله جملة تذبذبات حولها مشابهة لتذبذبات البندول

وأما غير الثابتة فهى التى يكون فيها مركز الثقـل أعلى المحور لانه متى بعد الجسم قليلا عن نقطة الموازنة لا يعود اليها ثانيا

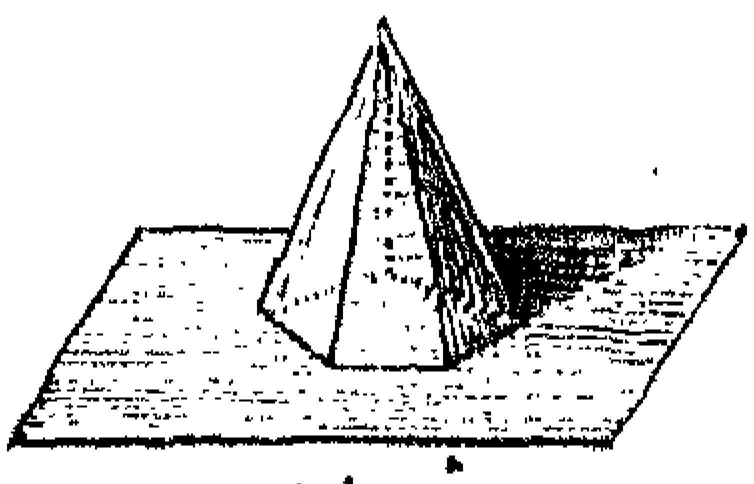
وفى الحالة الثالثة اذا كان جسم كثيف فوق سطح أفقى أو على الارض فهذا الجسم تارة يلامس هـذا السطح فى نقطة واحدة وذلك مثل كرة ولاجل أن يكون هـذا الجسم فى حالة الموازنة يلزم أن يكون العمود الساقط من مركز ثقله مارا بنقطة الملامسة وتارة يلامسه بجملة نقط كما فى (شكل ٤٦) وبتوصيل هـذه النقط مثنى بكيفية بها تتكون كثير الزوايا المحدب يلزم لاجل الحصول على الموازنة أن يكون العمود الساقط حـ ب من مركز الثقل واقعا فى باطن القاعدة التى لكثير الزوايا ومتى وضع جسم على سطح أفقى يرى كما فى الاحوال السابقة ثلاثة أنواع من الموازنة أيضا مطلقة وثابتة وغير ثابتة فمتى كان مركز ثقـل الجسم لا يصـعد ولا ينخفض فى الاوضاع المختلفة التى يمكنه أخذها فهى مطلقة مثل كرة مستديرة متجانسة كما فى (شكل ٤٧)


ش ٤٦

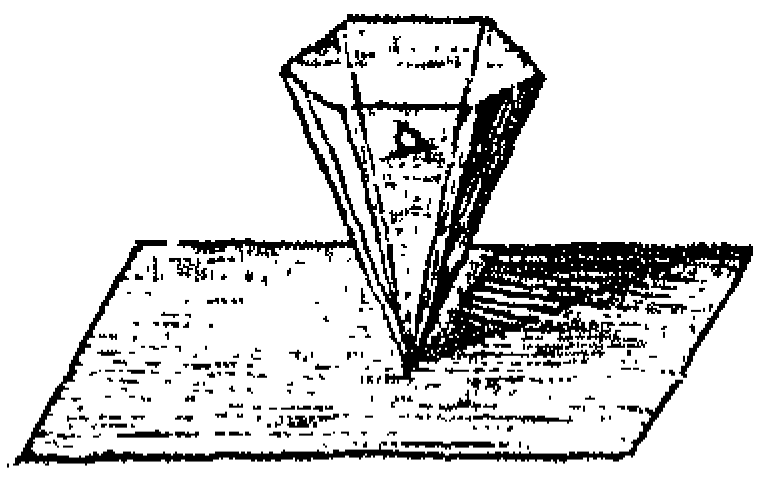


ش ٤٧

ومتى كان مركز الثقل أكثر انخفاضا عن الاوضاع الاخر التى يمكن الجسم أخذها فهى ثابتـة وذلك كهرم موضوع على قاعدته كما فى (شكل ٤٨)


ش ٤٨

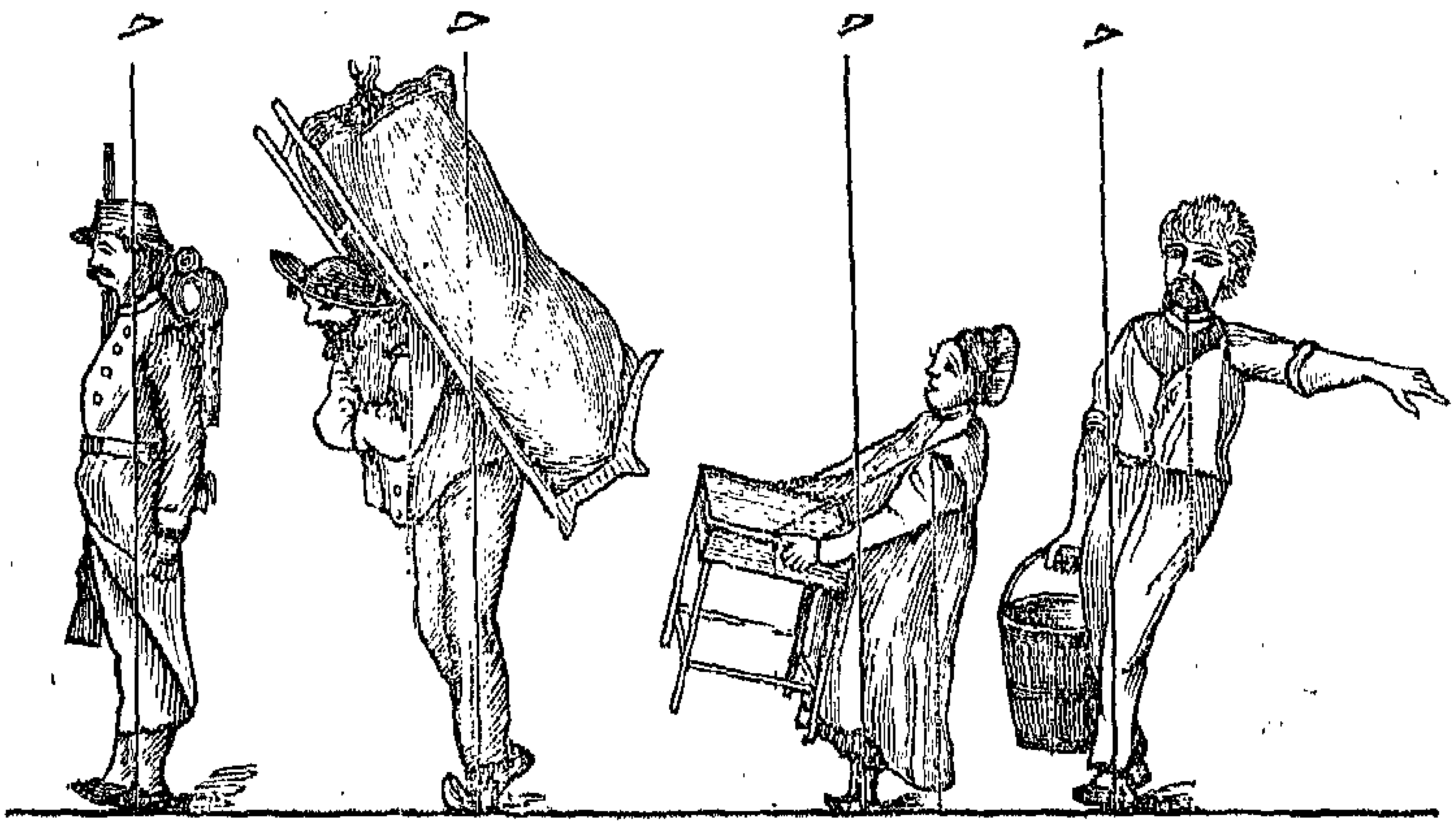
واذا كان مركز الثقل أكثر ارتفاعا عما فى الاوضاع الاخر فهى غير ثابتة وذلك كهرم منتظم مرتكز بقمته على سطح كما فى (شكل ٤٩)


ش ٤٩

وعلى العموم يمكن أن يقال ان كل جسم موضوع على سطح يصير أكثر ثباتا كلما كان مركز ثقله أكثر انخفاضا وقاعدته أكثر اتساعا

ميخانيكية الوقوف - متى كان الانسان واقفا اعتبر جسمه كأنه صلب فيلزم حينئذ أن الخط الرأسى ح الساقط من مركز ثقله يقابل الارض فى باطن قاعدة الوقوف التى هى عبارة عن سطح القدمين الباطن والمسافة الكائنة بينهما فتحد من الجانبين بحافتى القدمين الوحشيتين ومن الامام بالخط الضام لطرفى القدمين ومن الخلف بالخط الضام للعقبين وكلما كانت هذه القاعدة أكثر اتساعا كان الجسم أكثر ثباتا وكانت الاقدام أكثر تباعدا ولاجل أن يحفظ الجسم هذا الوضع يلزم أن لا تنثنى المفاصل لان انقباض العضلات لا يبقى فى هذه الحالة مدة طويلة الا بمساعد وهو توتر الاربطة وتأثير الثقل أيضا لان منفصل القدم وحده يلزم له مساعدة عظيمة من عضلات الساق والوقوف غير المتماثل أى الحرفى لا يحتاج لمجهود عضلى مثل الوقوف المتماثل ولذا يستعملونه كثيرا اذا كانت مدة الوقوف طويلة

واذا حمل الشخص حملا فمركز ثقل الجسم يتغير و ينجبر الجسم على الانحناء بطريقة بها يعيد مركز الثقل أعلى من قاعدة الارتكاز فاذا حمل حملا على ظهره مثلا انحنى الجسم الى الامام (شكل ٥٠) واذا حمل على أحد كتفيه مال الى الجهة المضادة واذا كان الحمل على الرأس وهو الجزء الذى يحمل عليه غالبا لا ينتج عنه أدنى تغير فى وضع مركز الثقل



ش ٥٠

والوقوف على احدى القدمين يكون متعبا لان قاعدة الوقوف تكون قليلة جدا والموازنة غير ثابتة وكذا الوقوف على أطراف الاقدام ومتى كان الشخص جاثيا على ركبتيه وجسمه منتصب فوزن الجسم يكون محمولا بكليته على أسطحة الركبتين الملامسة للارض التى هى قليلة الاتساع وغير لائقة لهذا الوضع فيكون مؤلما جدا و يكون أخف من ذلك اذا وجه

الشخص حوضه الى الخلف لارتكازه على العقبين فان حمل الجسم ينتشر حينئذ انتشارا عظيما على قاعدة الوضع التى هى عبارة عن متوازى الاضلاع أطرافه المقدمة هى الركبتان والخلفية طرفا القدمين

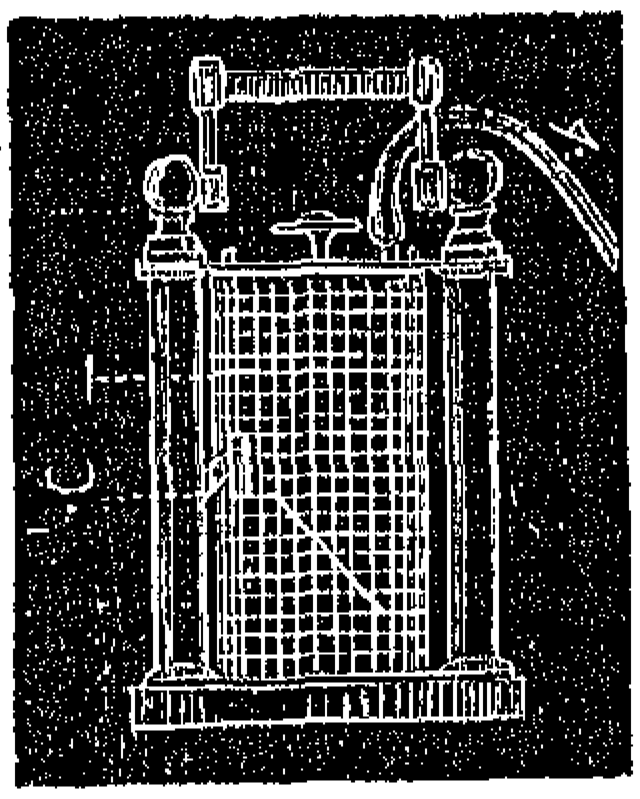
ومتى كان الشخص جالسا والظهر غير مستند فوضع الرأس والجذع يكون كما فى الوقوف والساقان لا يحملان شيأ فان جميع المجهود يتركز فى العضلات المانعة لانثناء الحوض على الفخذين والموازنة تكون ثابتة ومركز الثقل يكون قريبا من قاعدة الارتكاز

ومتى كان الشخص نائما فوزن الجسم يكون متوزعا على قاعدة عظيمة ومع ذلك اذا كان الشخص موضوعا على سطح صلب فعدد النقط الملامسة له يكون محدودا ولا يتأخر الشخص عن الاحساس بألم ناشئ عن الضغط وليس الامر كذلك اذا كان موضوعا على جسم رخو لان الملامسة تحصل فى جميع نقط الجسم والضغط ينتشر على جميع نقط الملامسة

المشى — فى حركة المشى ينتقل الجسم الى الامام بحركة الساقين المتعاقبة الناشئة من اتجاه احداهما الى الامام بحركة تشبه حركة البندول وأما الاخرى فترتكز على الارض حاملة وزن الجسم فاذا فرضنا أن الطرف الايسر متأخر شاهدنا ان عقبه يرتفع شيأ فشيأ حتى يرتكز على الارض بأطراف السلاميات فالحركة الناشئة من توتر العضلات والاربطة تدفع الحوض والجذع الى الاعلى والامام ومركز الثقل يتجه أيضا الى الاعلى والامام وفى هذه الحالة يرتكز الجسم على الطرف الايمن المقدم وينتقل الايسر الى الامام بدون احتكاك على سطح الارض بدورانه حول المفصل الحرقفى الفخذى كحركة البندول ويأخذ وضعا رأسيا لاجل أن يحمل الجذع ثم يبتدئ الطرف الايمن بفعل الحركة عينها من أولها الى آخرها وهكذا عند كل انتقال ومتى كان مركز الثقل محمولا على ساق واحدة فيكون فى حالة الموازنة ويميل أن يسقط الى الامام ان لم يكن مستندا فى الحال بالساق الاخرى التى تلامس الارض

الجرى — قد شاهدنا ان الجسم لا يترك الارض بالكلية أثناء المشى بخلافه فى الجرى فانه فى بعض الحركات يتركها بالكلية ويلامس الارض بكل قدم على التعاقب وفى المسافة بين الملامستين يكون الجسم منقذفا الى أعلى كما فى الوثب ومتى تهيأ الشخص للجرى حمل جميع وزن جسمه على الطرف الموضوع الى الامام والطرف الآخر يكون متوترا وملامسا للارض قليلا وفى ابتداء الجرى يستقيم الطرف الاول كزنبلك ويقذف الجذع الى الاعلى والامام وفى أثناء الجرى يكون مركز الثقل عادة منخفضا وذلك بانثناء الاطراف وانحناء الجسم

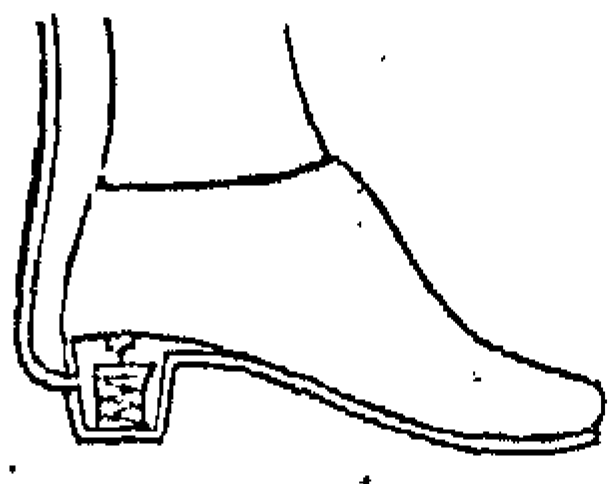
الاودوجراف ــ قد بحث المعلم (مارى) عن ميخانيكية المشى والجرى بواسطة أجهزة راسمة (فشكل ٥١) يدل على أحد هذه الاجهزة المسمى (أودوجراف) وهو عبارة عن اسطوانة طولها ١٠ سنتيمتر وعرضها خمسة مغطاة بورقة مقسمة الى ملليمترات وحينئذ تكون صغيرة سهلة الحمل عند الجرى وتحتوى هذه الاسطوانة على عدة تشبه عدة الساعه معدة لدوران الاسطوانة دورانا منتظما وميخانيكية أخرى للريشة المعدة لفعل التخطيط والشخص الذى يجرى له مداس مخصوص به كرة من الصمغ المرن ممتلئة بالهواء فكل ضغط يقع على هذه الكرة يقابل حركة فى الاودوجراف يحصل عنها ما تقدم فى سن عجلة مكونة لرأس برمة طويلة توجد فى أحد الاعمدة ومسمار هذه البرمة حامل لريشة الكتابة فترتفع بكمية مساوية لخطوط البرمة فى كل دورة



ش ٥١

فاذا كانت الخطوط تقابل نصف ملليمتر والعجلة لها مائة سنه لزم مائتا حركة ضغط لرفع الريشة ١ ملليمتر ومتى وصل الزر والريشة الى أعلى الجهاز سقطا الى أسفل وتعشقا ثانيا ثم يبتدآن فى الارتفاع وهكذا

وقد استعملت جملة أنواع من المداسات المعدة للتجربة بهذه الآلة والأحدث عهدا هو الذى صورته فى (شكل ٥٢) عقبه يحتوى على كيس هوائى به زنبلك من القماش الاصفر ثم يوجد لسان من الصلب يتكون منه النعل يحمل زرا بارزا الى الداخل فبضغط القدم على هذا اللسان ينطرد الهواء أثناء كل خطوة فى أنبوبة تصعد خلف العقب وتتصل بالاودوجراف



ش ٥٢

قياس الاوزان والكتل

(المــــوازين)

الاوزان ــ الاوزان النوعية ووحدة الاوزان قد شاهدنا فيما تقدم ان كل جزء من الجسم له وزن فتأثير الارض حينئذ يكون على حسب كمية الجزيئات والمراد بالوزن هو ناتج تأثير الثقل على جميع الجزيئات الموجودة فى الجسم وهذا الناتج ينطبق كما شاهدنا على مركز الثقل ولاجل تركيب ناتج وحيد لتأثير الثقل يلزم أن تكون جميع جزيئات الجسم مرتبطة ببعضها بدون اختلاف ويكون الامر كذلك بالنسبة لمركز الثقل وذلك كما هو فى الاجسام

الجامدة وفى السائلات والغازات التى فى حالة الموازنة فيمكن اعتبارها كأنها تصلبت ويكون الامر بخلاف ذلك اذا كانت فى حالة حركة ولفظة وزن لا تكون الا مجموع تأثيرات الثقـــل

والوزن النوعى للجسم هو عبارة عن وزن وحدة حجم هذا الجسم

ويقاس الوزن بوحدة القوى وهى الكيلوجرام

قياس الاوزان والكتل ـ الاوزان هى قوى يمكن قياسها بمقياس القوى وهو (الدينامومتر) لكن فى هذه الطريقة خطاآن . الاول ان مقاييس القوى قليلة الاحساس وغير كافية لاعطاء أوزان مضبوطة . الثانى انه اذا فعل مقياس قوى حساس جدا فان مرونته تتغير مع الزمن والاوزان التى تفعل فى أزمنة مختلفة لا توافق بعضها وقد شاهدنا ان الوزن و يساوى متحصل كتلته ك فى السرعة التى يعطيها له هذا الوزن متى سقط نحو الارض

و = ك س

وبواسطة هذه المسئلة يعين وزن الجسم عادة فتقاس كتلته ثم تضرب فى السرعة س التى ستعلم كيفية قياسها فيما سيأتى و يتحصل على مقارنة الكتل بواسطة الميزان وهو آلة معدة لتعيين جسمين متساويى الكتلة ولذلك تستعمل علبة أوزان تحتوى على عدد من قطع من القصدير والبلاتين احداهما تدل على وحدة الكتلة بالضبط والاخرى تدل على كسور الاولى وما تحتها و بجمع هذه الاوزان ووضعها فى الميزان يلزم أن تكافئ وزن الجسم وبذلك يتحصل على كتلته وللحصول على وزنه الحقيقى الذى يقابل (الدين) يلزم ضرب الكتلة المتحصلة فى السرعة س للموضع الجارى فيه العمل وبذلك يتحصل على قيمة القوة الحقيقية التى يكتسبها الجسم عند سقوطه

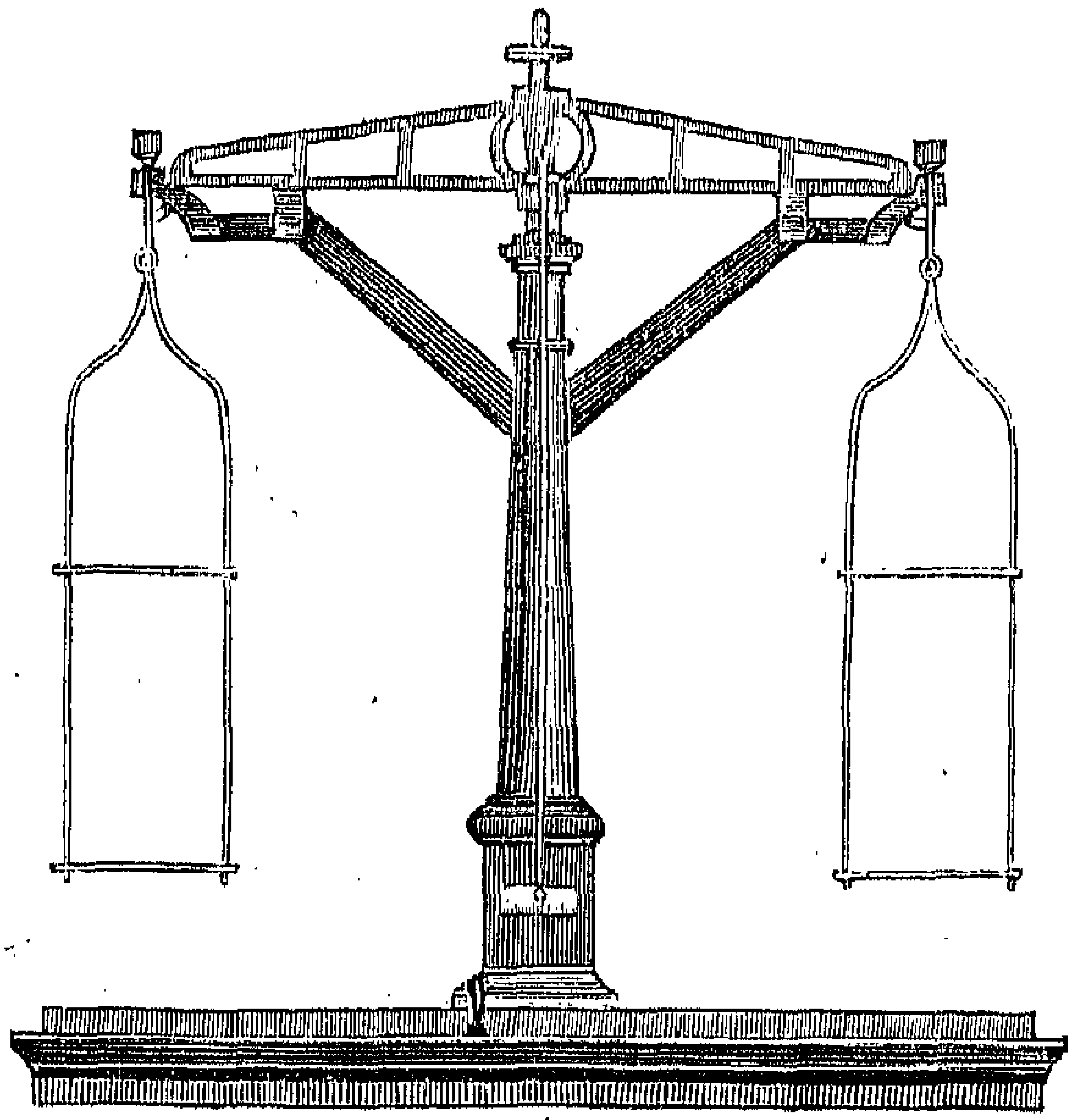
وسنشاهد أن السرعة س تختلف بحسب العروض والاطوال فالوزن الحقيقى للجسم يختلف حينئذ من موضع الى آخر ويمكن تحقيق ذلك بواسطة مقياس قوى حساس

ومع ذلك لا يحتاج الى هـذا التدقيق الا فى الاحتياج العلمى فان المقصود من الوزن عادة وان كان غير صواب هو تعيين الكتلة وهو المعتبر غالبا والمتفق عليه فى المتجر هو الكتلة لا الوزن اذ هى المهم معرفتها فاذا قيل ان جسما يزن ٢٥ جراما كان القصد أن كتلته تساوى ٢٥ وحدة كتلة أى ٢٥ جراما كتلة فان كتلة الجسم تكون واحدة فى جميع نقط الارض والنتيجة المتحصلة بالميزان تكون واحدة كذلك لان وزن الجسم ووزن الاوزان يتغيران بمناسبة واحدة

ومن المعلوم انه اذا استعملت فى المتجر الاوزان الحقيقية لزم لكل موضع تعريفة معان الكتل هى كمية المادة المراد شراؤها فقيمة الوزن الحقيقية التى تجذب الجسم نحو الارض ليست بذات أهمية

الميزان

الميزان المعتاد ــ هذه الآلة تتكون كما فى (شكل ٥٣) من رافعة مستقيمة من النوع الاول تسمى العاتق وهى متحركة حول المحور وذراعاها متساويان فى الطول والوزن وفى طرفيهما كفتان ذواتا وزن واحد وعلى محور التعليق إبرة عمودية متجهة من أعلى الى أسفل تتذبذب أمام قوس مدرج صفره فى الوسط فمتى كان العاتق أفقيا كانت الابرة فى مقابلة الصفر ولاجل أن يكون الميزان صحيحا يلزم أن يكون حساسا أى انه يتذبذب من أى وزن يوضع فى احدى كفتيه ومضبوط أى انه متى وضع وزنتان متساويتان فى الكفتين يلزم أن يكون فى حالة الموازنة فلاجل أن يكون الميزان حساسا يلزم أن يكون جامعا لثلاثة شروط . الاول حركة العاتق حول محور التعليق . الثانى أن يكون فى حالة الموازنة . الثالث المسافة من مركز الثقل الى مركز التعليق



ش ٥٣

أما حركة العاتق حول محور التعليق فيتحصل عليها بسهولة بتعليق العاتق بواسطة سكينة من الفولاذ ترتكز بحدها القاطع على سطحين أملسين من الفولاذ أو العقيق

وأما حالة الموازنة فلاجل الحصول على هذا الشرط يلزم أن يكون مركز ثقل العاتق أسفل من مركز التعليق لانه اذا كان أعلى منه لا يبقى ثابتا و يكون الميزان مختلا واذا كان مركز الثقل مختلطا بمركز التعليق فالموازنة تكون مطلقة والعاتق يمكنه أخذ كافة الاوضاع حول محوره

وأما المسافة من مركز الثقل الى مركز التعليق فكلما كان مركز ثقل العاتق أقرب من مركز التعليق كان الميزان أكثر احساسا لكن يلزم أن يكون مركز الثقل دائما أسفل مركز التعليق لانه اذا كان مركز الثقل بعيدا جدا عن مركز التعليق فالميزان لا يتذبذب الا بصعوبة وحينئذ يقال انه بطيء

ولاجل أن يكون الميزان مضبوطا يلزم أن يكون جامعا الشرطين مهمين

الاول ـ أن تكون نقطة تعليق الكفتين في مسافات ثابتة من محور تعليقهما في العاتق مهما كان وضعهما

الثاني ـ أن يكون ذراعا العاتق متساويين بالضبط

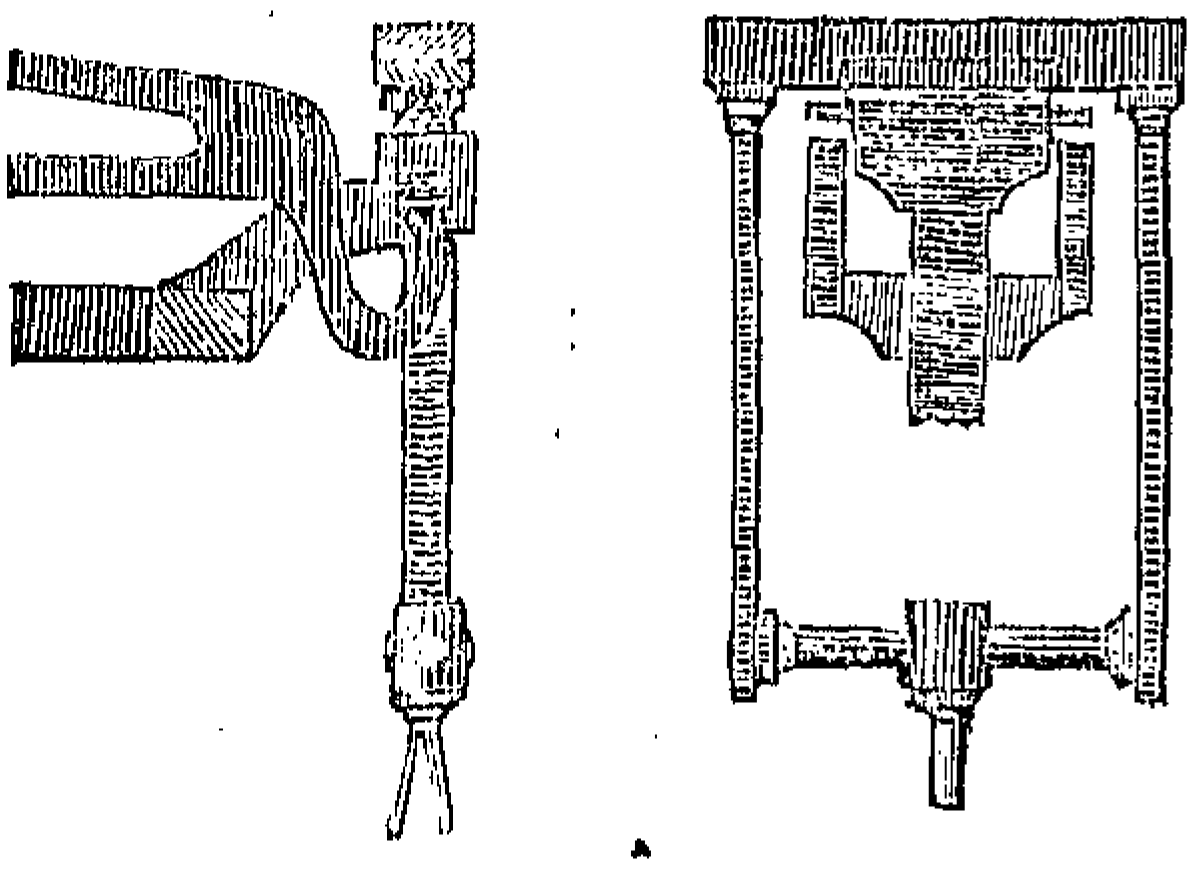
أما التساوي الثابت لمسافات نقطة تعليق الكفتين فالقصد منه أن طول ذراعي العاتق يبقى بدون تغير مطلقا مدة ذبذبات الميزان حتى ان ناتج الوزنين المتساويين الموضوعين في الكفتين يمر على الدوام بمحور التعليق وان كل وزن يؤثر دائما على طرف الرافعة عينها مدة الوزن و يتحصل على هذه النتيجة بتعليق كل كفة بواسطة خطاف بجزؤه المنحني ذو حد قاطع يرتكز على حد قاطع مثله في نهاية ذراع العاتق و بهذه الكيفية لا تكون الكفتان محمولتين الا على نقطة واحدة لا تتغير ولو تذبذب الميزان

وأما تساوي ذراعي العاتق فهو ضروري لانه اذا وضع في الكفتين وزنان متساويان يكونان في حالة الموازنة والعاتق أفقي لانه ينتج من القاعدة المذكورة آنفا في موازنة القوتين المؤثرتين على طرفي رافعة انه اذا كان أحد طرفي العاتق أكثر قصرا من الآخر فالوزن الموضوع في الكفة المعلقة في القصير يلزم أن يكون أكبر من الوزن الموضوع في الكفة المعلقة في الكبير لاجل الموازنة فهذه هي الشروط اللازمة لجودة الميزان حتى انه يعين الوزن النسبي للاجسام بغاية الضبط

تركيب الميزان الحساس ـ الموازين المستعملة في المعامل للبحث عن الاوزان الدقيقة تصنع مستوفية لشروط حساسية الميزان وضبطها اللذين ذكرناهما وفيها يعتنى بجعل طول ذراعي

الرافعــة ثابتا لا يتغير وذلك بجعل المسافة بين نقطة ارتكاز العاتق ونقطتى تعليق كفتيه غير قابلة للتغــير

وفى الغالب يكون شكل العاتق معينيا فيه استطالة كما فى (شكل ٥٣) ليكون خفيف الوزن وفيه مع ذلك المقاومة الكافية حتى لا ينثنى بوضع أكبر موزون فيه وفى وسط العاتق سكين هى منشور مثلثى مرتكز على سطح مستو صغير من الصلب المسقى أو العقيق وينبغى أن يأخذ العاتق وحده الوضع الافقى متى كان مرتكزا بسكينة على الحامل وطرفا العاتق منحنيان ينتهيان بحدين قاطعين من الصلب (شكل ٥٤) والكفتان محمولتان بسوق معدنية صغيرة القطر فى جزئها العلوى مربع يرتكز بسطح من الصلب المسقى أو من العقيق على الحدين القاطعين للعاتق



ش ٥٤

وخوفا من كلال الحرف القاطع للحدود شيأ فشيأ بحملها الكفتين دائما تجعل غير مرتكزة عليها الا وقت العمل ولهــذا الغرض يجعــل خلف العمود قطعة معدنية تسمى الشوكة يمكن رفعها وخفضها وبرفعها تجذب فى حركتها كفتى الميزان ثم العاتق فتكون الحدود القاطعة غير حاملة لثقل ما ووقت الوزن تخفض الشوكة فتعود الكفتان الى وضعهما والعاتق على حامله ويلزم أن تكون الحركة لطيفة لمنع المصادمة وتلف الأحرف

ولجعل مركز ثقل الميزان فى وضع مناسب حتى يكون حساسا يجعل فوق منتصف العاتق ساق تتحرك عليها كرة بخفضها أو رفعها يتحصل على جعل مركز الثقل فى الوضع المناسب وفى عاتق الميزان إبرة طويلة متجهــة الى الاسفل يتحرك طرفها أمام قوس صغير مدرج درجات متساوية معدة لمعرفة سعة الذبذبات وفى وسط الدرجات الصفر وأمامه تقف الابرة متى حصلت الموازنة ولكن تذبذبات الابرة بطيئة فلا ينتظر وقوفها بل يلاحظ ما تقطعه من الدرجات على يمين ويسار الصفر فاذا تساوت الدرجات فى الجهتين كان ذلك دليلا على تساوى الوزنين الموجودين فى الكفتين

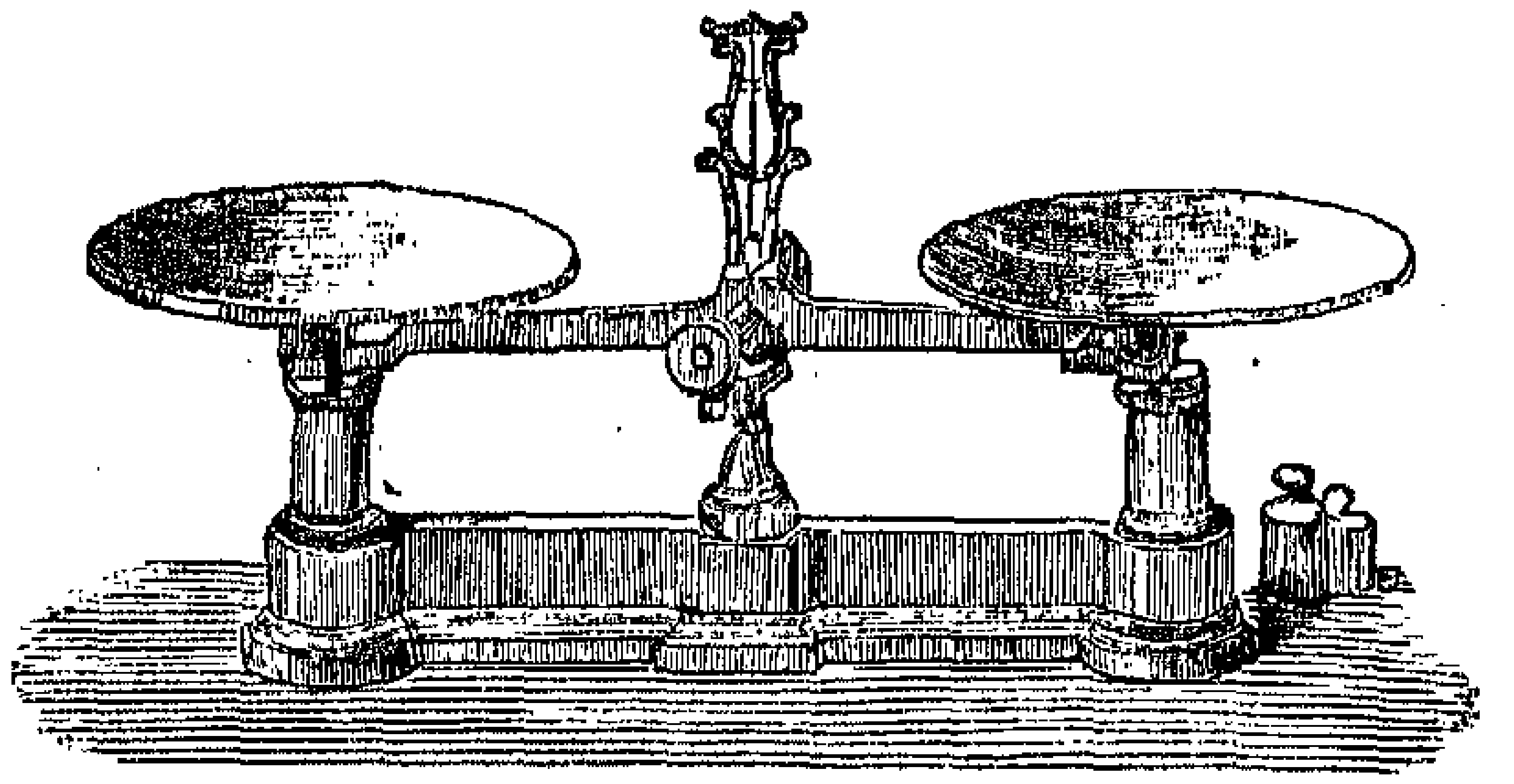
ولاجل حفظ الميزان من التلف بتأثير الرطوبة والاتربة يوضع عادة فى صندوق من الزجاج مع مادة مجففة مثل حمض الكبريتيك أو كلورور الكالسيوم

الوزن المزدوج — يمكن معرفة وزن الجسم بالتحرير ولو كان الميزان غير مضبوط وذلك بطريقة تنسب الى (بوردا) الطبيعي الفرنساوى وتعرف بطريقة الوزن المزدوج بشرط أن يكون الميزان حساسا وكيفيتها أن يوضع الموزون فى احدى الكفتين ويوازن بوضع رمل جاف أو خردق الرصاص فى الكفة الاخرى ثم يرفع الجسم المذكور ويعوض بأوزان معينة حتى تحصل الموازنة فيلزم أن تكون هذه الاوزان المعينة هى وزن الجسم نفسه لانها وازنت ماوازنه من الرمل أو خردق الرصاص

أنواع المـــوازين

الميزان الذى تكلمنا عليه ليس هو المستعمل فقط لوزن الاجسام بل يوجد أنواع أخر مستعملة يوميا فى الصنائع منها ميزان (روبرفال) وميزان (كنتز) والميزان الرومانى أى القبان

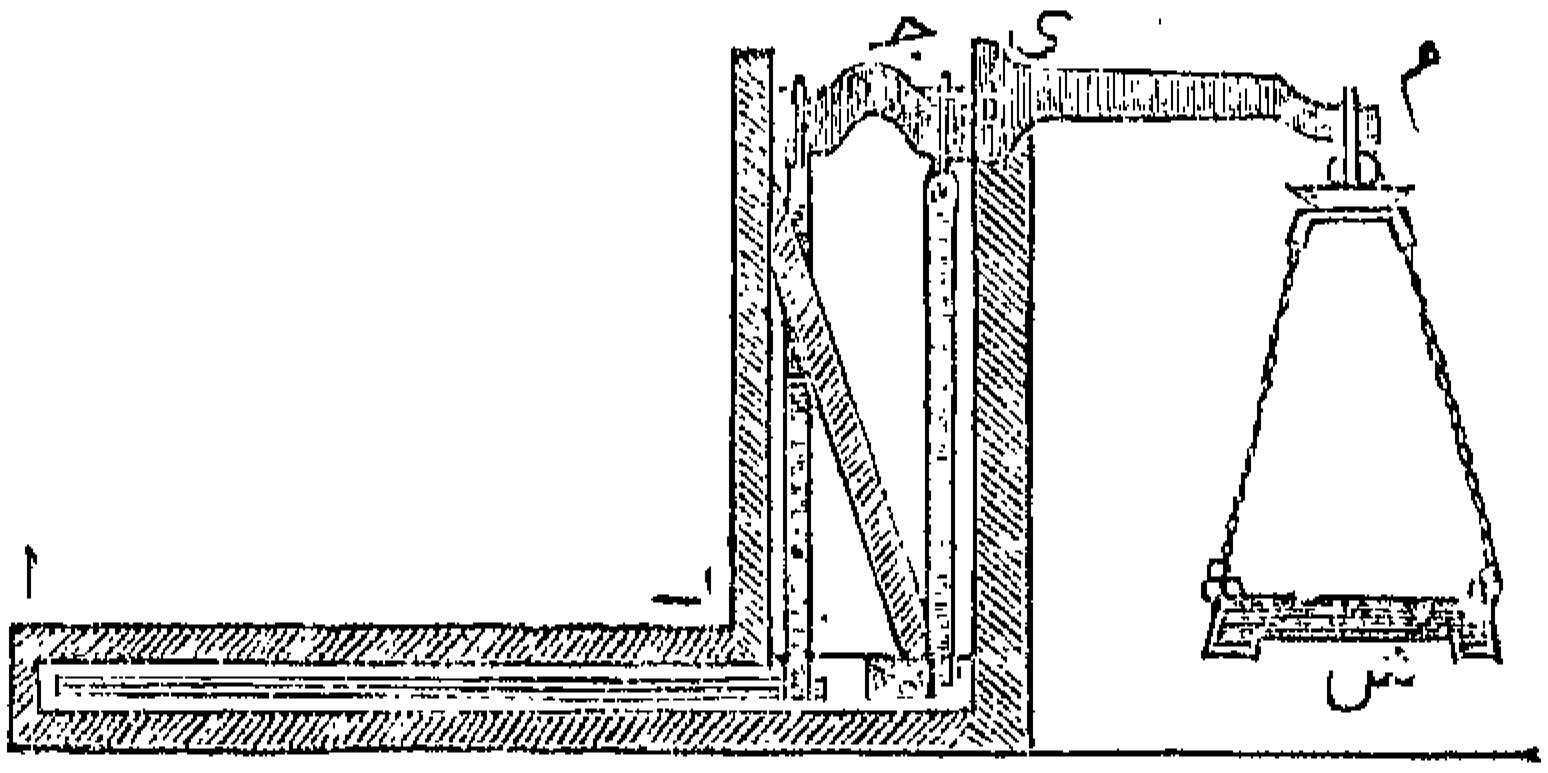
أما ميزان (روبرفال) أى الميزان ذو التعليق السفلى فهو كثير الانتشار الآن فى المتجر (شكل ٥٥) ولا يختلف فى أصوله عن الميزان المعتاد الا فى كون الكفتين موضوعتين أعلى العاتق عوضا عن أن تكونا معلقتين أسفله وهذا هو الذى صير استعماله سهلا



ش ٥٥

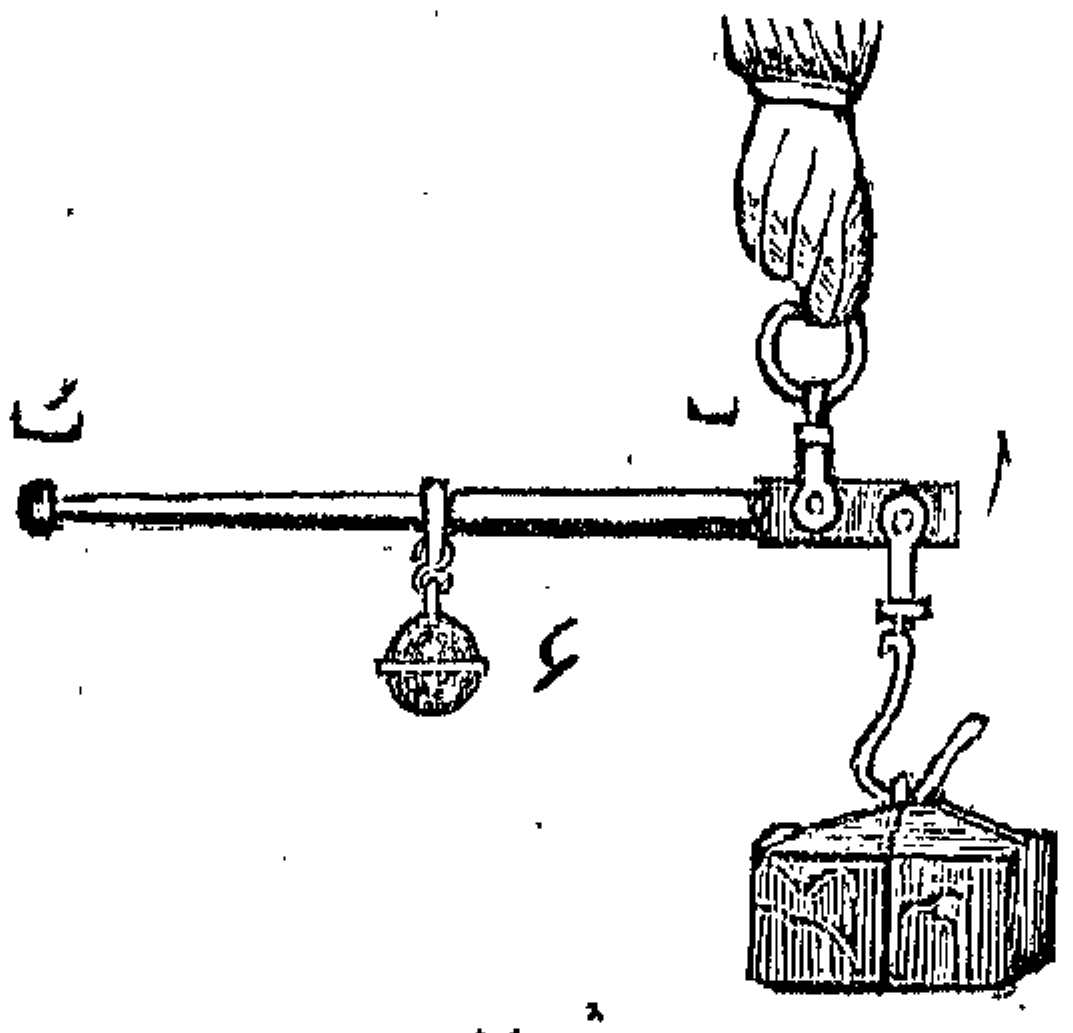
وأما ميزان (كنتز) أى ميزان الانزلاق فسمى باسم المخترع له وصورته كما فى (شكل ٥٦) وهو على الاخص يستعمل فى المتجر وفى أوزان مهمات السفر البحرى والبرى وفى المخازن لاجل وزن التجارات الثقيلة وهو مكون من كفة من الخشب ا ر وعليها يوضع الجسم المراد وزنه ومن كفة أخرى ش معلقة فى طرف ذراع الرافعة ى م المعدة لقبول الاوزان المراد بها فعل موازنة الجسم المقصود وزنه فالكفة الاولى ا ر موضوعة بطريقة بها ان الوزن الكلى للجسم ينتقل الى نقطة ح على الرافعة ح م التى نقطة ارتكازها فى ى وان طول ذراع الرافعة ى م يكون أطول من ذراع الرافعة ى ح عشر مرات فحينئذ على حسب قانون موازنة القوى المؤثرة على طرفى أذرع رافعة غير متساوية يكفى لفعل الموازنة لوزن

الجسم الموضوع فى الكفة ا ر وضع وزن أصغر منه عشرات مرات فى الكفة ش فمثلا وزن عشرة كيلوجرامات يوازن حملا ثقله ١٠٠ كيلوجرام ووزن خمسين كيلوجرام يوازن ٥٠٠ كيلوجرام وهكذا



ش ٥٦

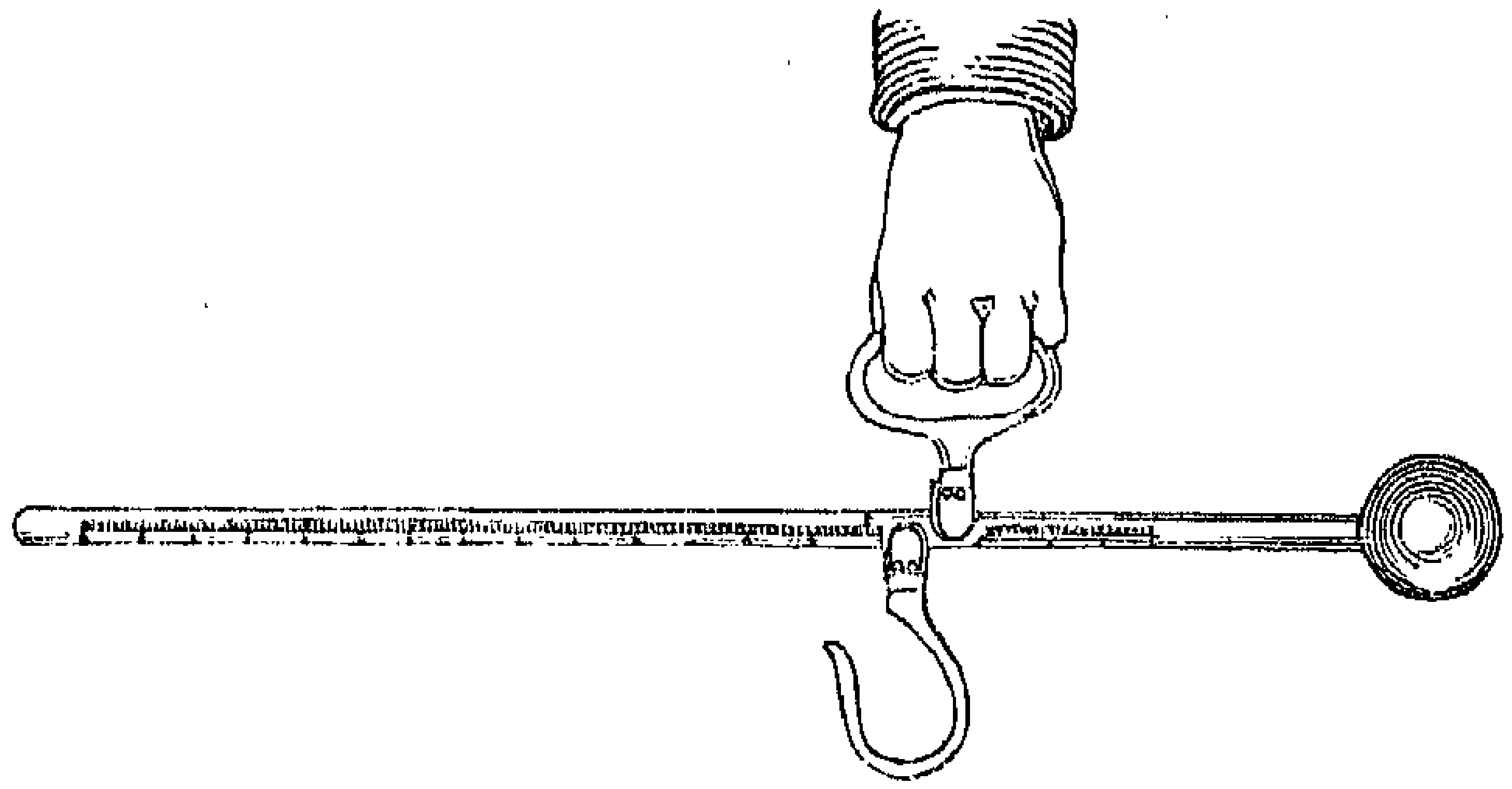
الميزان الرومانى أى القبان – هذا الميزان كالمتقدم (شكل ٥٧) وهو مكوّن من رافعة ذات أذرع غير متساوية وهو جيد بالنسبة لعدم استعمال أوزان معينة فيه وان الرافعة ث ا معلقة فى نقطة ب ومتحركة حولها وفى طرف ذراع الرافعة القصير ب ا خطاف لاجل تعليق الجسم المراد وزنه وعلى الذراع الآخر ب ث وزنه د أى صنجة أو رمّانة تنزلق على طوله بواسطة خطاف أو حلقة ومتى أريد استعمال هذا الميزان يعلق الجسم المراد وزنه فى خطاف الطرف القصير ثم يزلق الوزن المتحرك د حتى تبقى رافعة ث ا أفقية فوضع الوزن المتحرك د يدل حينئذ على وزن الجسم لكن لابد قبل ذلك من تدريج الجزء ب ث للرافعة أى تقسيمه وذلك بوضع جسم معلوم وزنه ثم يحرك الوزن المتحرك د حتى يصير العاتق أفقيا فتوضع حينئذ العلامة الدالة على قيمة هذا الوزن وهكذا تفعل فى معين أزيد منه الى انتهاء الذراع وأحيانا يعوّض الخطاف بكفة توضع عليها الاجسام المقصود وزنها



ش ٥٧

التطبيقات الطبية للموازين – ميزان (أوديه) و (بلاش) المستعمل لوزن المولودين حديثا هو ميزان رومانى (شكل ٥٨) وكذا ميزان (كولون) المستعمل لوزن الاطفال فالعرضة التى تقبل الطفل مرتبطة بمجموع روافع فى ميزان رومانى ويوجد وزنان متحركان

على مسطرة مقسمة احدهما معد لتعيين مقـدار المهد والملابس والآخر معد لتعيين وزن الطفل بعد طرح مقدار ملابسه ومهده



ش ٥٨

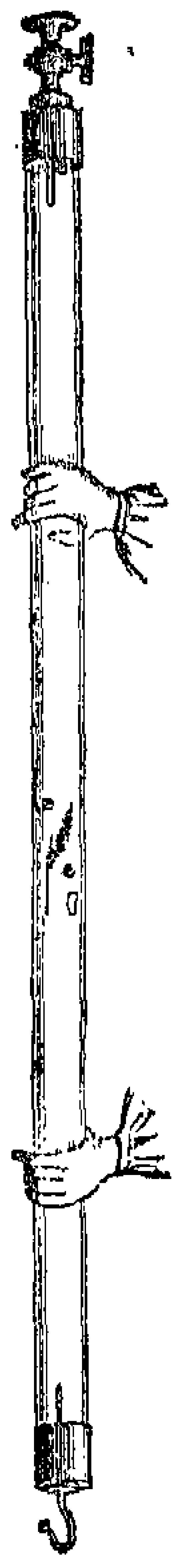
سقوط الاجسام

وزن الجسم ثابت فى الموضع الواحد ـ سنشاهد فيما سيأتى ان شدة الثقل تتغير فى نقط الارض المختلفة لكن فى الموضع الواحد لا يكون هنالك سبب فى تغيره والميزان لا يمكنه تحقيق ذلك لانه اذا وجد تغير فانه يؤثر فى الاوزان المعينة بالنسـبة عينها كما يؤثر فى الموزون وحينئذ لا تختلف الموازنة وسقوط الاجسام هو الحال لهذه المسئلة لانه اذا كان الوزن ثابتا فان حركة الجسم الساقط بلا عائق يلزم أن تكون متزايدة السرعة منتظمة وهذه الزيادة بقيمة لا تتغير

تأثير الهواء فى سقوط الاجسام ـ الاجسام التى من طبائع مختلفة تسـقط فى الهواء بسرعة غير متساوية وهذا الاختـلاف ناشئ عن مقـاومة الهواء الدافع لها لان تأثيره على الاجسام الخفيفـة أعظم وان كان حجمها واحدا وتختلف مقاومتـه أيضا بالنسبة لشكل الاجسام وليس الامر كماذكر فى الفراغ فان جميع الاجسام تسقط بسرعة واحدة مهما كان قطرها وطبيعتها

والتجربة تثبت ذلك بواسطة أنبوبة (نيوتون) وهى أنبوبة متينة الجدران طولها من متر الى مترين وطرفها العـلوى مغلق والسـفلى مثبت فيه حنفية تفتح وتغلق حسب الارادة وصورة هذه الانبوبة مرسومة فى (شكل ٥٩) فتوضع فيها أجسام مختلفة كخردق الرصاص وقصاصات الورق وخشب الفلين وزغب الريش ثم تثبت على مسـتفرغ الآلة المفرغة ويستفرغ منها الهواء ثم تغلق حنفيتها وتفصل من الآلة المفرغة فتى نكست هـذه الانبوبة

شوهد سقوط الاجسام التى فى باطنها فى آن واحد مع اختلافها فاذا أدخل قليل من الهواء فى الانبوبة بفتح حنفيتها شوهد سقوط الاجسام الخفيفة بعد سقوط الاجسام الثقيلة فاذا أدخل كثير من الهواء فى الانبوبة اتضح ماقلناه زيادة فينتج من ذلك ان الجذب الارضى الذى هو السبب فى سقوط الاجسام يؤثر فى جميع الاجسام على حد سواء وهناك تجربة أخرى بسيطة جدا تنسب الى (جليليه) تثبت ان مقاومة الهواء تكون أعظم كلما كان السطح أكثر اتساعا وهى أن تؤخذ قطعة معاملة و يوضع فوقها قرص من الورق بدون التصاق اتساعه أقل من اتساع القطعة المعدنية بقليل ثم يتركا للسقوط فيشاهد أن القرص الذى من الورق كأنه ملتصق بسطح قطعة المعاملة وتابع لها فى السقوط وماذاك الا لكون قطعة المعاملة أثناء سقوطها منعت الهواء عن أن يقاوم القرص الورق فى سيره فيسقطان معا ومقاومة الهواء مدركة خصوصا فى السوائل لانها تستحيل فى الهواء الى نقط صغيرة كما هو مشاهد فى المطر مع انها تسقط كتلة واحدة كما فى الاجسام الصلبــــــة

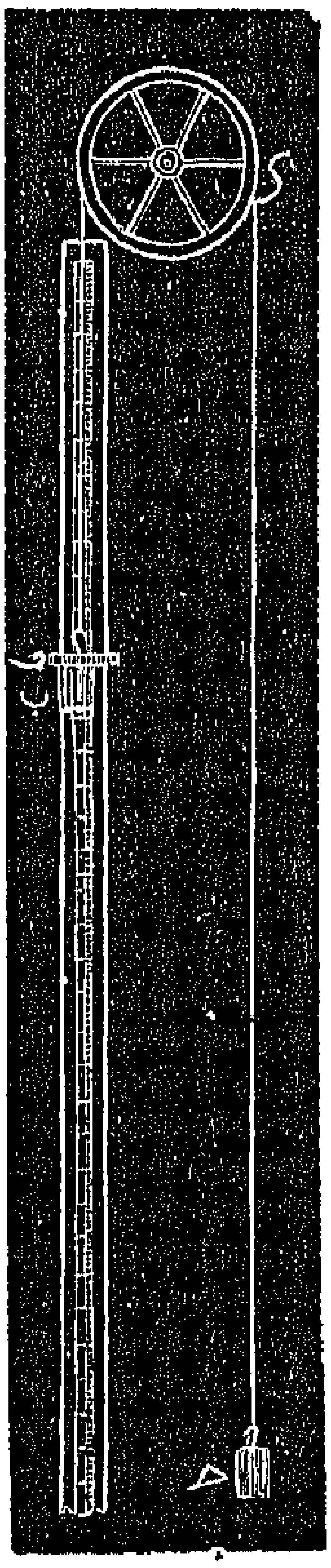


ش ٥٩

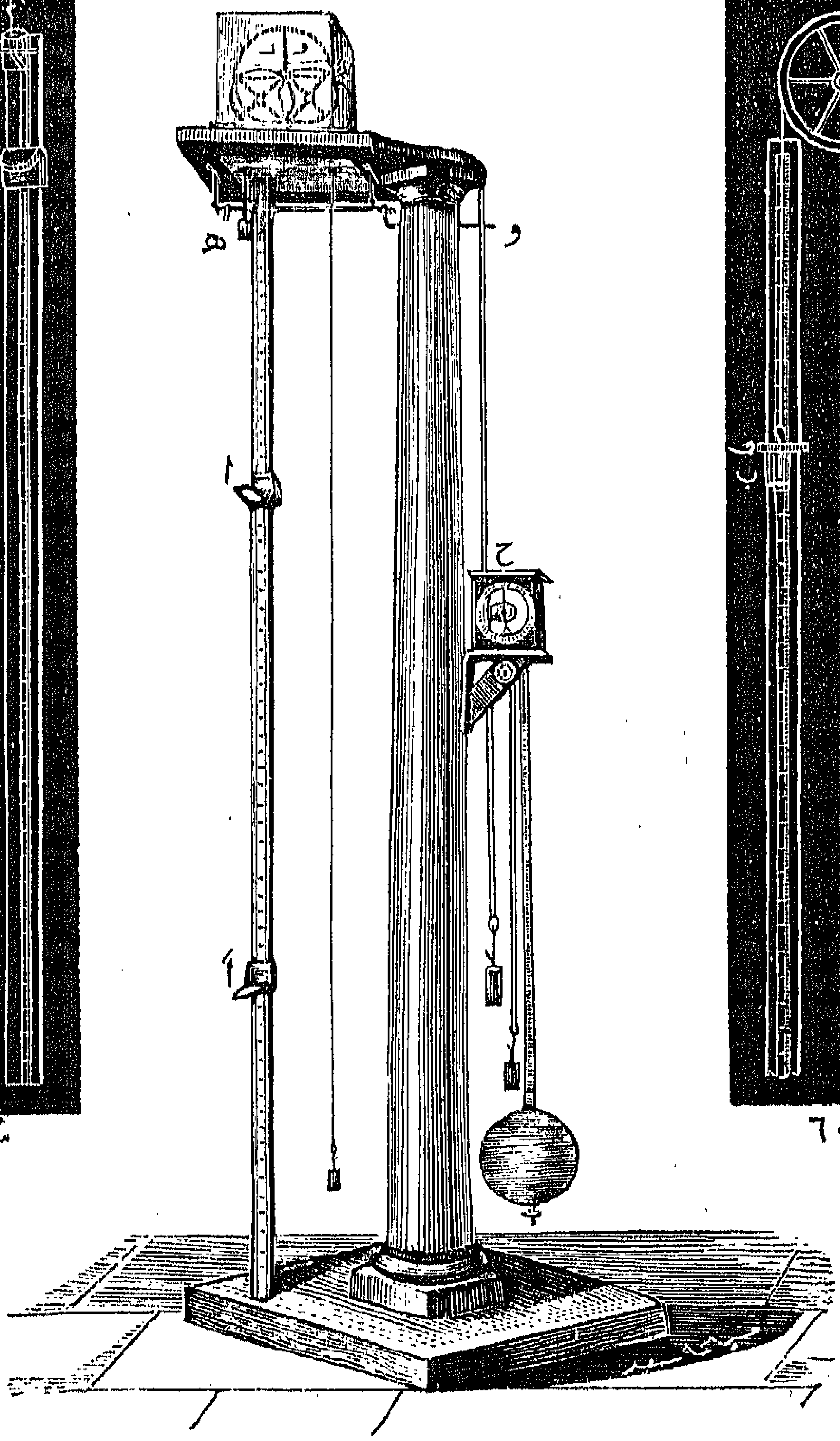
قوانين سقوط الاجسام ـ لتعيين هذه القوانين جملة طرق منها ما القصد منه بطء حركة الجسم الساقط بطأ كثيرا لكن بدون تغير فى طبيعته وهذا يصير مقاومة الهواء مهملة ومنها ما يدل على معرفة الحركة بسهولة كقاعدة السطح المائل (لجليليه) وآلة (أتود)

فبآلة (أتود) يتحقق قانون السرعة وقانون المسافة وهى مركبة من بكرة خفيفة جدا ى كما فى (شكل ٦٠) يمر عليها خيط من الحرير فى غاية الخفة بطرفيه وزنان ب و ح ويوضع هذه البكرة بكيفية بها لا تحدث حركتها حول محورها الا احتكاكا غير محسوس كما فى (شكل ٦١) وعلى أى وضع كان الثقلان ب و ح فانهما يكونان فى حالة موازنة فاذا وضع وزن اضافى و على أحد الاوزان ب الثقل الذى جهة اليسار مثلا فان الحركة تحصل وحيث كان الوزن و وحده هو المحدث للحركة وبتأثيره يتحرك الوزنان ب و ح فمن البين ان الحركة تكون أبطأ من حركة السقوط المطلق للثقلين ب و ح ولتحقيق قانون المسافات المقطوعة فى الازمنة المتعاقبة تستعمل مسطرة مدرجة موضوعة وضعا رأسيا يسقط أمامها

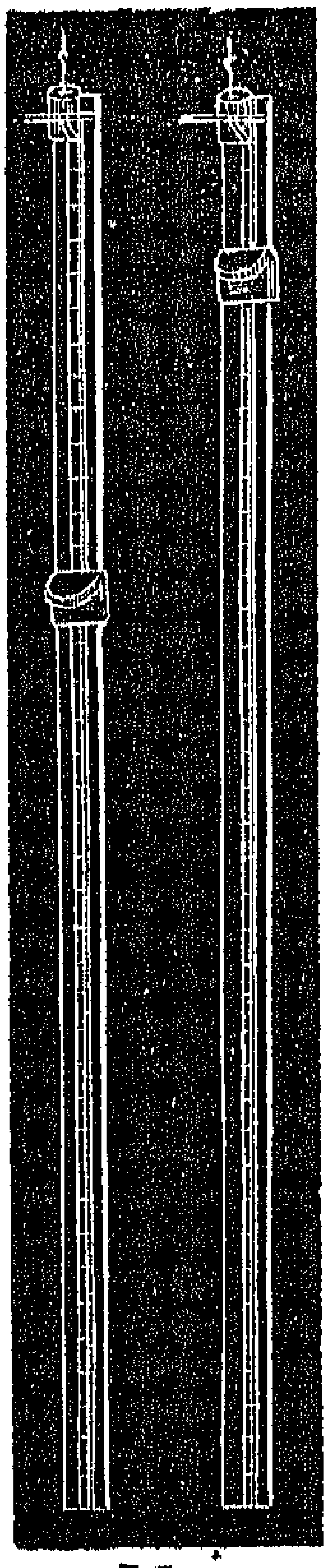
الثقل ب + و فيوقف هذا الثقل أمام صفر المسطرة هـ تكزا على رافعة متصلة بساعة فى الجهاز ويسقط متى ابتدأت ثانية معينة يعرف ابتداؤها بدق الساعة ثم يبحث بالاستقراء عن النقطة من المسطرة التى يلزم وضع قرص أفقى أَ (شكل ٦١) ينزلق عليها بافريز حتى يسمع ملامسة الثقل الساقط له مع دق الساعة الدال على انتهاء الثانية فعدد التقاسيم الكائنة بين صفر المسطرة وموضع القرص هى المسافة التى قطعها الثقل فى ثانية واحدة ولا يزال القرص ينقل من موضع الى آخر (شكل ٦٢) حتى تعلم المسافة المقطوعة فى ثانيتين وثلاث وهكذا



ش ٦٠



ش ٦١



ش ٦٢

وبمقارنة المسافات بعضها ببعض يتبين ان نسبتها الى بعضها كنسبة ١ و ٤ و ٩ بعضها الى بعض أى انها كربع الزمن وهذا هو قانون المسافة

ولتحقيق قانون السرعة المكتسبة فى الاوقات المختلفة من الحركة يستعمل قرص ذو افريز يخالف الاول فى كونه مثقوبا يسمح بمرور الوزن منه من غير أن يلامسه ويمنع سير الثقل و لطول شكله بأن يوضع هذا القرص على المسافة التى يقطعها الثقل ب + و فى الثانية الاولى وبعد مضى هذه الثانية يمنع القرص المثقوب الثقل و من المرور ويمر ب وحده بحركة منتظمة بالسرعة التى كانت فيه وقت وقوف الثقل و من الحركة بالقرص المثقوب ويبحث بالاستقراء عن النقطة من المسطرة التى يلزم وضع القرص المصمت أ فيها حتى يسمع صوت مصادمة الثقل له فى انتهاء ثانية بعد ايقاف الثقل و والمسافة بين ا و أ هى المسافة المقطوعة فى ثانية واحدة بحركة منتظمة بعد ايقاف الثقل و أى السرعة التى اكتسبها الثقل ب بوصوله الى ا وحفظها من ا الى أ

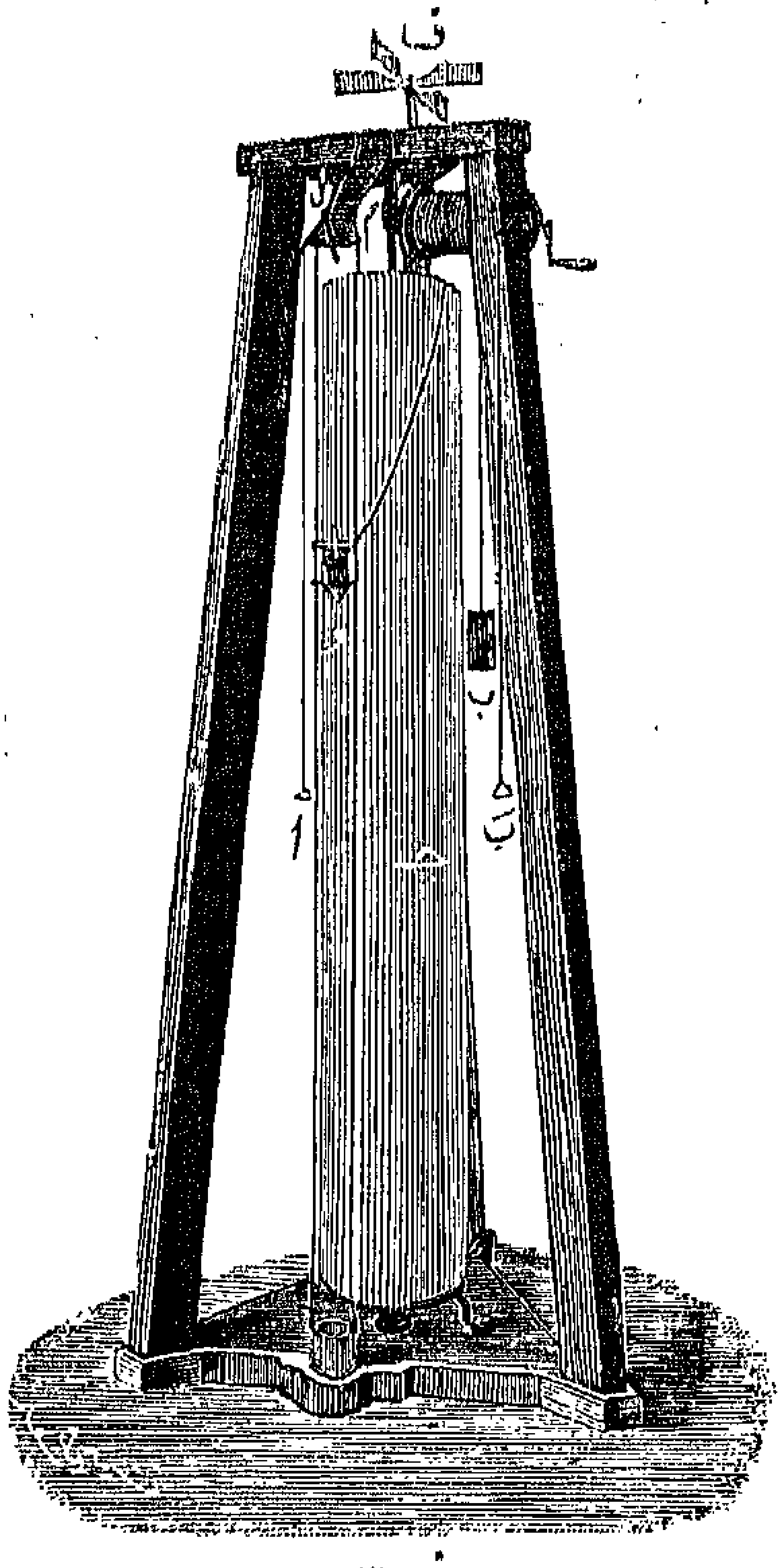
ولتكن س هذه السرعة ويبحث بالطريقة عينها عن السرعة س س وهكذا المكتسبة بعد مضى ثانيتين وثلاث وهكذا فيتبين ان نسبة السرعة س و س و س وهكذا الى بعضها كالعدد ١ و ٢ و ٣ أى انها متناسبة مع الزمن وهذا هو قانون السرعة

وليكن فى بكرة آلة (أتود) المار عليها خيط الحرير الحامل للثقلين حركة سريعة يوضع كل طرف من أطراف محور البكرة على زاوية تقاطع بكرتين لان الحركة السريعة للبكرة د تحدث فى البكرات الاخر ر و ر حركة بطيئة بسببها يكون الاحتكاك فى محل تصالبها خفيفا ويوجد فى هذه الآلة ساعة ع تدل على الثوانى متصلة برافعة وهى تتكئ الثقل ب + و على أحد ذراعيها هـ صنعت بكيفية بها يفارق هذا الذراع الثقل من ابتداء الثانية الاولى فيصير الثقل ب + و موكولا لنفسه فيسقط

ومن ذلك يعلم . أولا ان المسافات المقطوعة تكون متناسبة مع مربع الازمنة المستعملة فى السقوط . ثانيا ان السرعة تكون متناسبة مع الازمنة وهذان القانونان يصفان الحركة المتزايدة المنتظمة وذلك يدل على أن وزن الجسم هو قوة ثابتة لنفس الوسط

وعوضا عن بطئ سقوط الجسم كما فعل فى الجهاز المتقدم يمكن استعمال جهاز حاسب مثل جهاز (مورن) (شكل ٦٣) وهو يتركب من اسطوانة من الخشب ح تتحرك حول محور رأسى غطى سطحها بقطعة من الورق رسم عليها عدة خطوط رأسية متساوية البعد ومن ثقل ب معلق بحبل يلتف على ملف صغير أفقى ذى عجلة مسننة متداخلة بقلاووظ فى محور

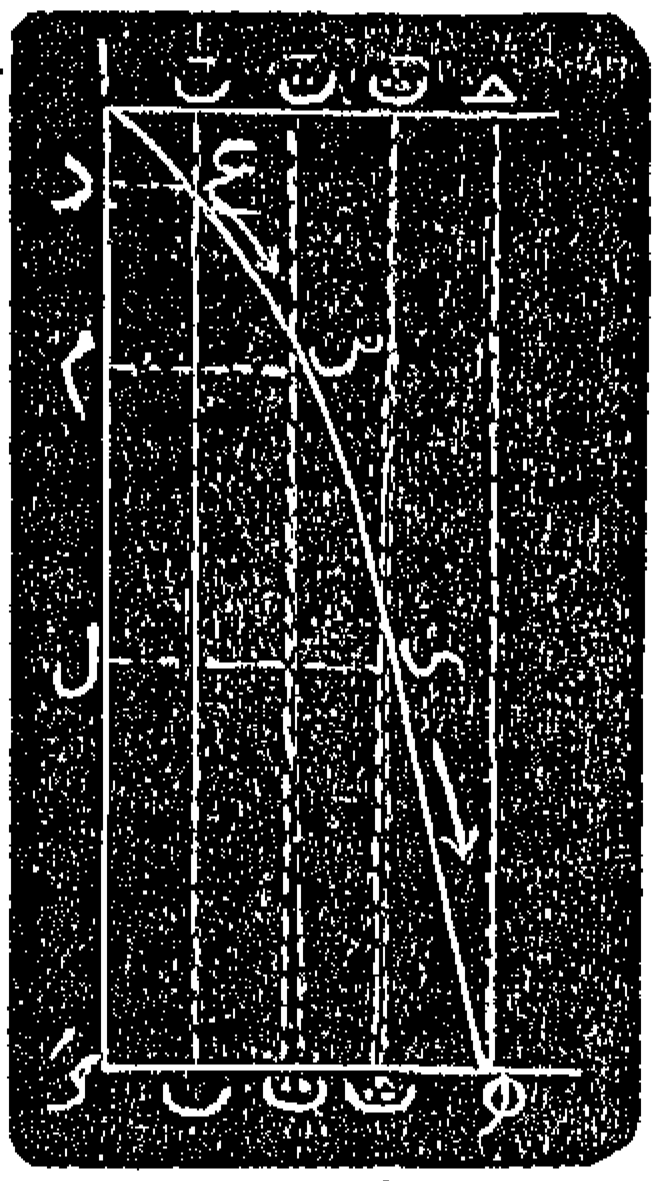
الاسطوانة ح ومركب على المحور أربعة أجنحة ف وثقل اسطوانى مخروطى و يتأتى سقوطه سقوطا مطلقا يحمل فى طرفه قلما من الرصاص موضوعا وضعا أفقيا يتكئ طرفه قليلا على الورقة الملفوفة على الاسطوانة بحيث يترك بمروره عليها أثرا ثابتا ومن رافعة ل تحفظ هذا الثقل من الجزء العلوى من الجهاز فتى كان الوزن و فى الجزء العلوى من الجهاز جذب الحبل بَ فيصير الثقل ثَ مطلق الحركة فيسقط و بسقوطه تحرك بجلة فتحرك الاسطوانة ح والاجنحة ف وبمقاومة هذه الاجنحة للهواء مقاومة آخذة فى الازدياد تصير حركة الاسطوانة منتظمة وحينئذ يجذب الحبل ا فيصير الثقل و مطلق الحركة فيسقط ملامسا للاسطوانة بالقلم الرصاص المرتبط به فيترك هذا القلم أثرا على الورقة



ش ٦٣

ومتى وصل الثقل و الى منتهى سقوطه ترفع الورقة فيشاهد فيها ان الخط اهـ (شكل ٦٤) وهو أثر القلم على الورقة تقاطع مع الخطوط العمودية المتساوية البعد اَ و ب بَ و ت تَ وهكذا فى النقط ع و س و ى و هـ واذا أقيم من هذه النقط خطوط

عمودية على الخط أ ىَ وأخذ وحدة للزمن الزمن اللازم فى الحركة المنتظمة للاسطوانة لان يصير الخط ب بَ محل الخط أ ىَ فان الطول أ د يكون هو المسافة التى قطعها الثقل الاسطوانى المخروطى فى وحدة الزمن وان الطول أ م فى ضعف وحدة الزمن والطول أ ل فى ثلاثة أمثالها والطول أ ىَ فى أربعة أمثالها لان الاطوال أ بَ و بَ تَ و تَ ثَ و ثَ ح متساوية وبقياس المسافات أ د و أ م و أ ل و أ ىَ يتبين أن


ش ٦٤

أ م = ٤ أ د

أ ل = ٩ أ د

أ ىَ = ١٦ أ د

أى ان المسافات التى يقطعها الجسم بسقوطه المطلق تزداد بنسبة مربع الزمن الذى فيه قطع الجسم هذه المسافات وفى مدة التجربة لا يحس بمقاومة الهواء للوزن و بسبب قصر زمن سقوطه وشكله

وبجهاز (مورن) لا يتحقق قانون السرعة ولكن يسهل تصوره فان أ د هى المسافة التى قطعها الثقل و فى وحدة الزمن و ٤ أ د المسافة المقطوعة فى زمن يساوى ضعف وحدة الزمن و ٩ أ د فى ثلاثة أمثال الوحدة و ١٦ أ د فى أربعة أمثال الوحدة وحينئذ فالجسم قطع فى الوحدة الثانية الزمانية المسافة ٤ أ د — أ د = ٣ أ د وفى الوحدة الثالثة ٩ أ د — ٤ أ د = ٥ أ د وفى الوحدة الرابعة ١٦ أ د — ٩ أ د = ٧ أ د

فاذا فرضنا ان السرعة المكتسبة بعد كل وحدة زمن انعدمت مرة واحدة فمن البين أن الجسم المتحرك لا يقطع فى وحدة الزمن المتتابعة المكونة لزمن سقوطه الا المسافة الثابتة أ د وعلى ذلك فالمسافات التى يقطعها بسرعته المكتسبة ١ و ٢ و ٣ من وحدة الزمن هى

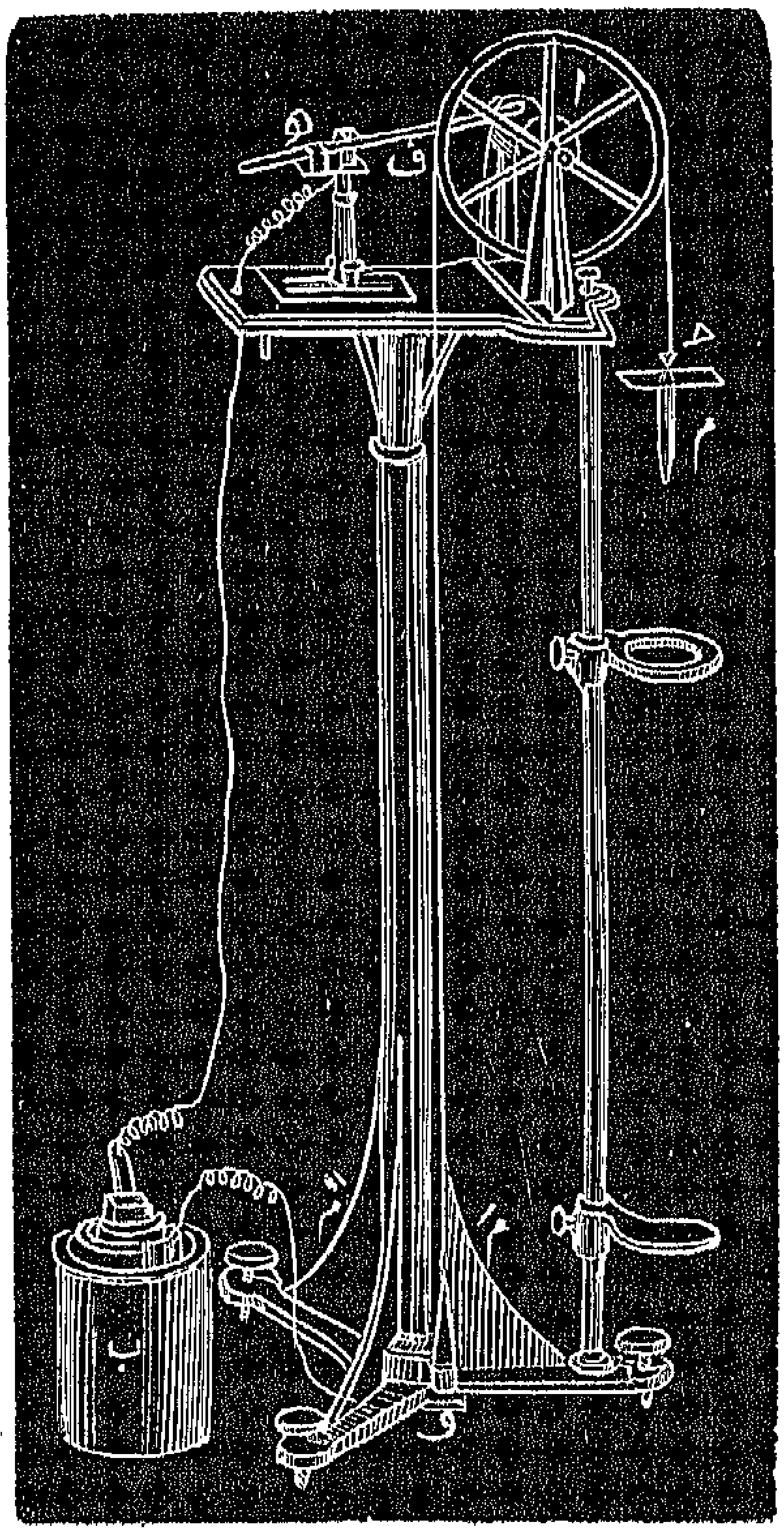
فى الوحدة الزمانية الثانية ٣ أ د — أ د = ٢ أ د

« « « الثالثة ٥ أ د — أ د = ٤ أ د

« « « الرابعة ٧ أ د — أ د = ٦ أ د

وحينئذ فنسبة بعض السرعات المكتسبة للجسم المتحرك فى ١ و ٢ و ٣ من وحدة الزمن الى بعض كالاعداد ٢ و ٤ و ٦ أى متناسـبة مع الزمن المـاضى من وقت ابتداء السـقوط والكمية ٢ ا د التى تزدادها السرعة فى كل وحدة زمانية هى المسرعة للتثاقل

آلة (بوربوز) تتركب هـذه الآلة كما فى (شكل ٦٥) من اسطوانة أفقيـة ا مثبتة فى عجلة ذات ميـذاب تدور حول محور أفقى يمر منها ويمكن احداث الحركة فيها بواسطة أوزان تسقط وهـذه الاوزان مكوّنة من كتلتين من الحديد م و مَ متساويتين مثبتتين فى طرفى خيط كما فى آلة (أتود) ويمكن أن يتوازنا فى أى وضع يعطى لهما لكن يزول هذا التوازن باضافة كتلة ح الى الكتلة م وحينئذ تسقط معها اذا لم يمنعها الجزء الموجود فى الجهاز المكوّن من عمود ب دائرته الخارجة تحتوى على كهربائيين مغناطيسين وهما عبارة عن قطعتـين من الحديد المطاوع ملفوف عليهـما خيط يمر فيه التيار فمتى كان التيار مارا يكون الحديد المطاوع ممغطسا ومتى انقطع التيار فقد الحديد مغناطيسيته فى الحال وأحد هذين الكهربائين المغناطيسيين وهو و يضـبط الكتلة مَ ويتبعها مجموع الاوزان متى كان العمود مشتغلا



س ٦٥

والكهربائى المغنـاطيسى الآخر هـ يجذب طرف صـفيحة مرنة من الحديد المطاوع ف فتبعد عن وضـع موازنتها وهى موضـع اهتزازات موازية محور الاسطوانة ا وحاملة فى طرفها قلما يرتكز على هذه الاسطوانة و يترك له أثرا عليها ومتى انقطع التيار المار فى خلال الكهربائين المغناطيسـيين فقدا مغناطيسيتهما ومتى ابتدأ الوزن مَ فى الحركة تميل الصفيحة ف لان تأخذ موضـعها فى الموازنة وقبل أن تصل الى هـذا الوضع تحدث جملة اهتزازات متساوية ترسم على الاسـطوانة ا الموضوع عليها ورقة مسوّدة بأسود الدخان

وبسقوط الكتلة م تجذب معها الاسطوانة ا فتحصل سرعة دورانها الى سرعة مناسبة لسرعة سقوط الكتلة وبفحص الاثر الذى على الاسطوانة تعلم قوانين سقوط الاوزان ح و م التى جذبتها الكتلة الاضافية نفسها ح

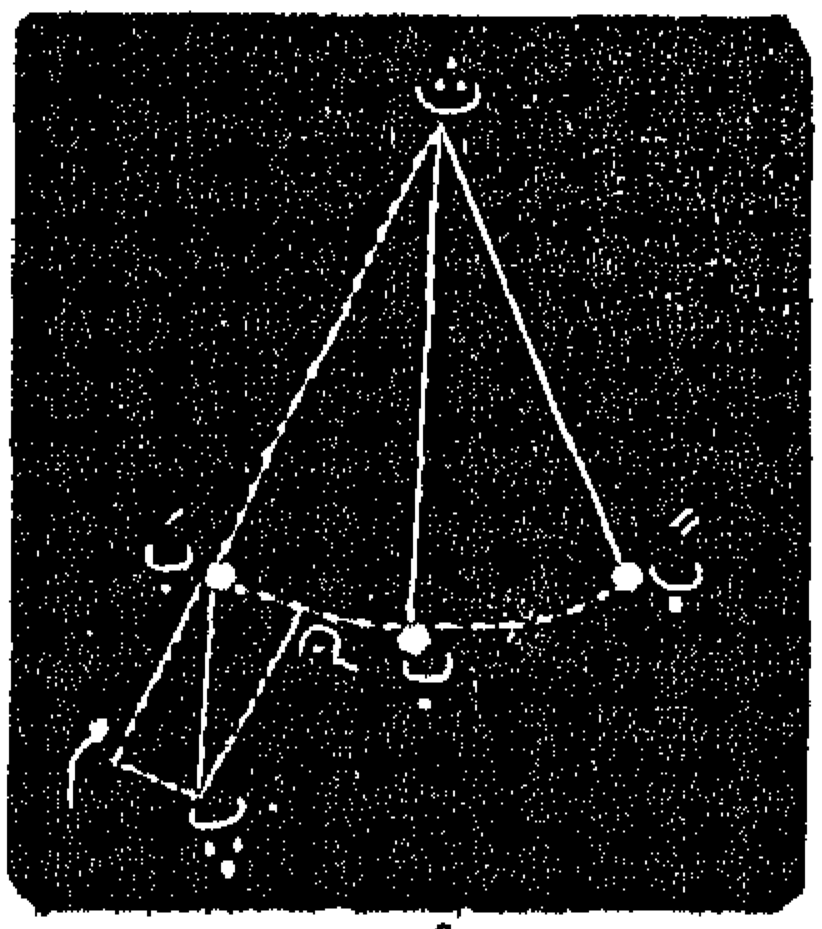
ومتى علم ذلك نذكر كيفية العمل وهى ان يلف على الاسطوانة ورقة مدهونة بأسود الدخان ثم يمر تيار فى خلال الكهربائين المغناطيسين فيتمغطسان ويحفظان الاوزان والصفيحة المهتزة متباعدة عن حالة الموازنة ثم يقطع التيار فتسقط حينئذ الاوزان مع احداثها دوران الاسطوانة وتهتز الصفيحة تاركة أثرا على الورقة ثم ترفع هذه الورقة وتغمر فى الاتير لتثبيت الآثار ومنع انتشار أسود الدخان على الخطوط المتكونة ومن ذلك يعلم عدد الانحناآت والاهتزازات الدالة على الزمن ومن سعة هذه الاهتزازات تقاس المسافات

فاذا أخذنا كوحدة زمن مدة ستة اهتزازات فالمسافة التى تقابلها تعلن بربع صغير من ورق مربع وفى زمن مضاعف أى اثنى عشر هزة نحصل على نفس المربع زائد ثلاثة وهذا يدل على مسافة قدر الاولى أربع مرات ومن ذلك يستدل بهذه الآلة على ان المسافات المقطوعة تكون متناسبة مع مربع الازمنة ويمكن كذلك الاستدلال من هذه الآلة على السرعة اذا فعل كما يفعل فى آلة (أتود)

البندول

البندول نوعان بسيط ومركب

فالبسيط هو نقطة مادية ب (شكل ٦٦) معلق فى احدى طرفى خيط ث ب غير قابل للتمدد ولا وزن له ومثبت من طرفه الثانى فى نقطة ث من غير احتكاك فالبندول البسيط غير حقيقى بل تخيلى لاجل التصور فبتأثير الثقل يأخذ هذا البندول الاتجاه الرأسى ث ب مثل خيط الرصاص ويبقى فى حالة الموازنة ولكن اذا بعد عن هذا الاتجاه لاجل وضعه فى اتجاه ث بَ وترك ونفسه فقدت الموازنة والوزن ب من النقطة المادية ب يتحلل الى قوتين احداهما المتجهة على حسب استطالة الخيط بَم والثانية بَ ﻫ عمودية على هذه الاستطالة فى الشكل بَ ث ب فالاولى تفقد بمقاومة نقطة التعليق ث والثانية تؤثر على حدتها وتجبر البندول على الرجوع



ش ٦٦

الى حالة الموازنة الاصليـــة فينتج حينئذ أن النقطة المادية ب تقطع بسرعة متزايدة القوس بَ ب وتصـــل الى ب وبالنســـبة لسرعتها المكتسبة والمتحصلة لها ترتفع ببطء الى بً وهكذا فاعلة جملة تذبذبات اتساعها يعلم بالزاوية بَ ث بً المتكونة من الوضعين الانتهائين

والثقل الذى أثر من نقطة بَ الى ب بقوة مسرعة يؤثر بقوة مبطئة من نقطة ب الى بً لانه يبطئ السرعة على التعاقب بقدر ما أسرعها من نقطة بَ الى ب وحينئذ فالذبذبات يلزمها أن تحفظ اتساعها ومدتها دائما والذبذبة من بَ الى بً تسمى الذبذبة الكاملة والتى من ب الى بً أو الى بَ تسمى الذبذبة النصفية أو نصف الذبذبة والقوس المقطوع مدة الذبذبة يسمى اتساع الذبذبة ومدة الذبذبة هى الزمن اللازم للبندول لاجل قطعه القوس

ويقال فى النظريات أن البندول يحقق الحركات الدائمة ولكن فى العمل توجد سببان يمنعان حركة البندول من أن تبقى دائمة . الاول مقاومة الوسط الذى يتذبذب فيه البندول . الثانى احتكاك نقطة التعليق ولذا أنه متى ذبذب بنـــدول يشاهد فى الحال أن اتساع ذبذباته ينقص شيأ فشيأ وبعد زمن كثـــير أو قليل تقف الآلة فى وضعها الرأسى للموازنة واعلم أن تذبذبات البندول منقادة الى نواميس أربعة يمكن استنتاجها من المعادلة

$$ز = ط \sqrt{\frac{ل}{ح}}$$

الاول ـــ ان ذبذبات البندول التى لا يزيد اتساعها عن ثلاث أو أربـــع درجات تكون متساوية يعنى أنها تفعل فى أزمنة متساوية

ويحقق هذا الناموس المنسوب الى (جليلية) بعد الذبذبات التى يفعلها البندول فى مدة دقيقتين مثلا بواســـطة ساعة دقاقه ويحترس أن لا يزيد اتساع الذبذبات عن ثلاث أو أربـــع درجات فيشاهد حينئذ أن عدد الذبذبات يكون ثابتا لاجل المسافات المتعاقبة التى استحالت الى ثلاث درجات فاثنين فواحده

الثانى ـــ أن البنادل ذات الطول الواحد المتذبذبة فى الفراغ أو فى وســـط واحد ذبذباتها تكون واحدة مهما كانت المادة المتكونة منها مثل خشب الفللين أو الرصاص ونحوهما

ولتحقيقه يفعل تذبذب جملة بنادل ذات طول واحد ومنتهية بكراة ذات قطر واحد ومن جواهر مختلفة كالحديد والرصاص والبلاتين ونحوها فيشاهد حينئذ بقطع النظر عن مقاومة الهواء ان هـــذه البنادل المختلفة تفعل تذبذبات واحدة فى زمن واحد وهـــذا يثبت ماقلناه من أن الثقل يؤثر على جميع الاجسام بسرعة واحدة فى وسط واحد

الثالث — البنادل المتذبذبة فى موضع واحد وهى غير متساوية فى الطول تكون مدة ذبذباتها على حسب الجذر التربيعى لطولها

ويحقق ذلك بفعل تذبذب جملة بنادل ذات طول معلوم مثل ١ و ٤ و ٩ و ١٦ فيشاهد أن عدد الذبذبات فى آن واحد يكون بالنسبة لبعضها مثل ١ و $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{4}$ وهذا يدل على أن مدة الذبذبات تكون بالنسبة لبعضها مثل ١ و ٢ و ٣ و ٤ أى مثل الجذر التربيعى لطول البنادل وبعبارة أخرى ان البندول الذى طوله كطول بندول آخر أربع مرات اذا تذبذب مرة واحدة لزم أن يتذبذب الآخر مرتين والذى طوله كطول آخر ٩ مرات اذا تذبذب مرة لزم أن يتذبذب الآخر ثلاث مرات وهكذا

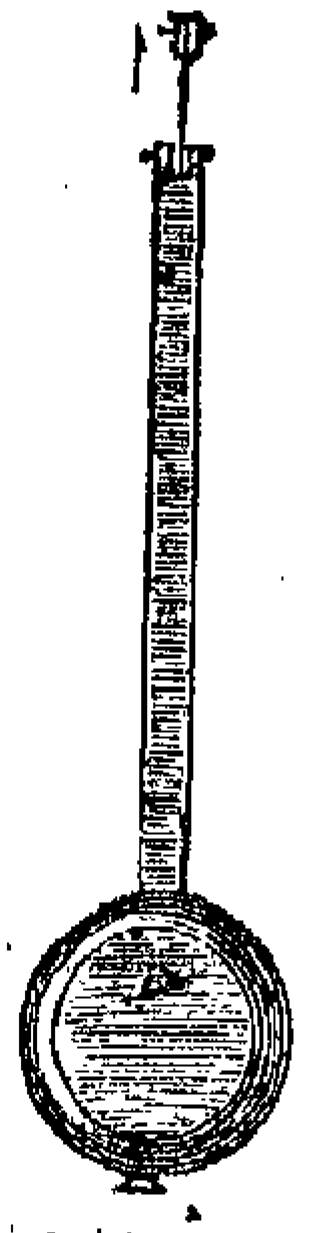
الرابع — زمن تذبذب البنادل المتساوية الطول المتذبذبة فى مواضع مختلفة من الارض تكون على العكس من الجذر التربيعى لشدة الثقل فى هذه المحال

وقد تحقق ذلك بالتجارب التى فعلها (بوردا) وغيره من الطبيعين وهى أن ذبذبة البندول تزداد فى السرعة كلما قرب من خط الاستواء وبالارتفاع عن سطح البحر

ومن المعادلة السابقة يمكن استخراج قيمة ح فى النقط المختلفة من سطح الارض اذا علم ز و ل

البندول المركب

القوانين التى سبقت فى البندول البسيط تطبق على البندول المركب أيضا وهى المستعملة فى العمل لكن يلزم التعريف عما يسمى طول البندول كما فى (شكل ٦٦) فالطول فى البندول البسيط هو المسافة التى تفصل النقطة المادية ب عن نقطة التعليق ث وليس الامر كذلك فى البندول المركب كما فى (شكل ٦٧) الذى يدل على شكل البندول المعتاد وفيه استبدلت النقطة المادية بكتلة كثيرة العظم أو قليلته وخيط التعليق بساق صلب كثيف فينتج من هذا الوضع أن النقط المادية المختلفة التى يتكون منها البندول تميل ان تفعل تذبذبات فى أزمنة متساوية وتكون ذبذباتها أكثر طولا كلما بعدت عن المحور أو نقطة التعليق ا لكن حيث ان جميع هذه النقط مرتبطة ببعضها بدون تغير فذبذباتها ضرورة تكون واحدة فينتج من ذلك أن النقط المادية الاكثر قربا من محور التعليق تزيد فى الحركة عن الاكثر بعدا وان هذه الاخيرة تؤخر حركة الاولى وبين هاتين النقطتين الانتهائيتين

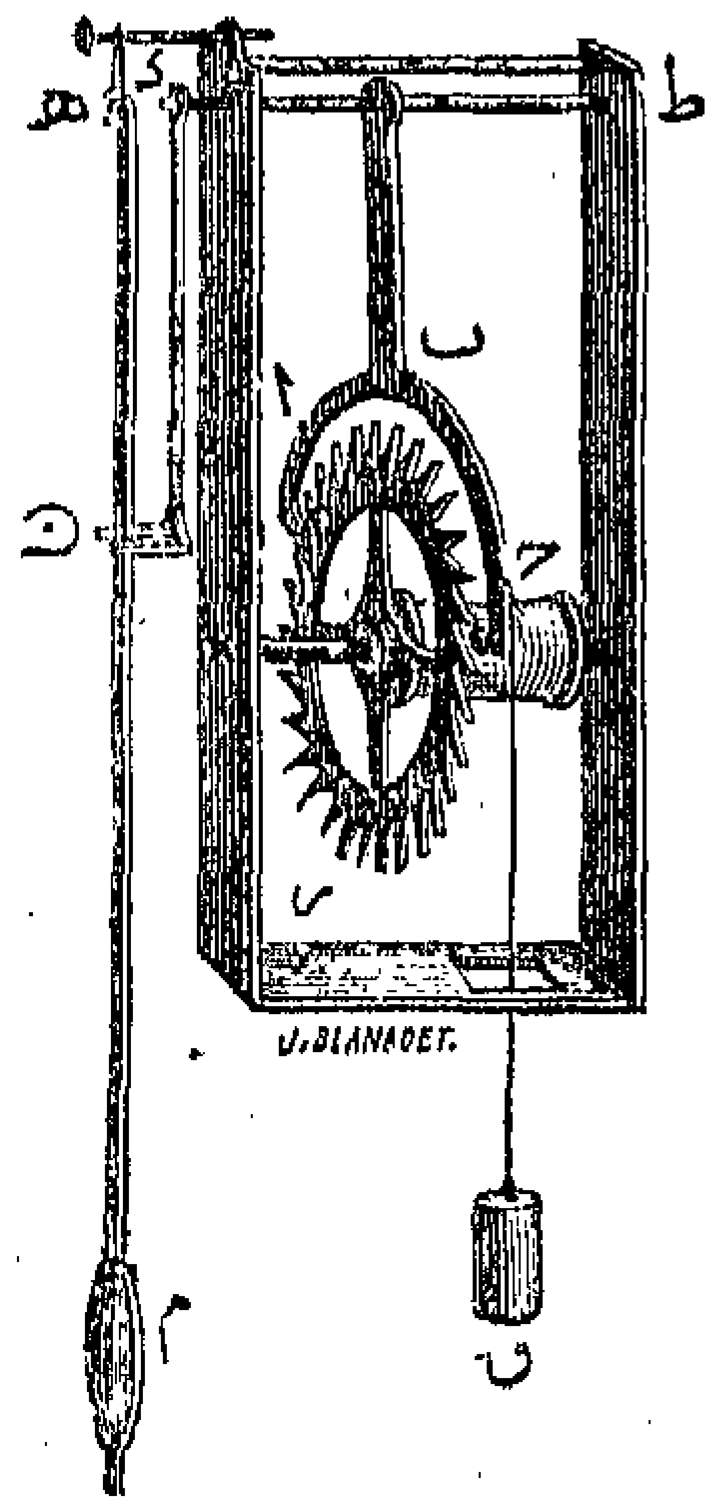

ش ٦٧

توجد نقطة ح حركتها لا تزيد ولا تنقص بالنسبة لارتباطها بالنقط المجاورة وحينئذ تتذبذب مثل ما اذا كانت منفردة وتسمى هذه النقطة مركز الذبذبة لان هذه المسافة وهى ح ا من هـذه النقطة الى محور التعليق هى التى تسمى طول البندول المركب وبعبارة أخرى يقال ان طول البندول المركب هو طول البندول البسـيط الذى يفعل ذبذبات فى زمن واحد

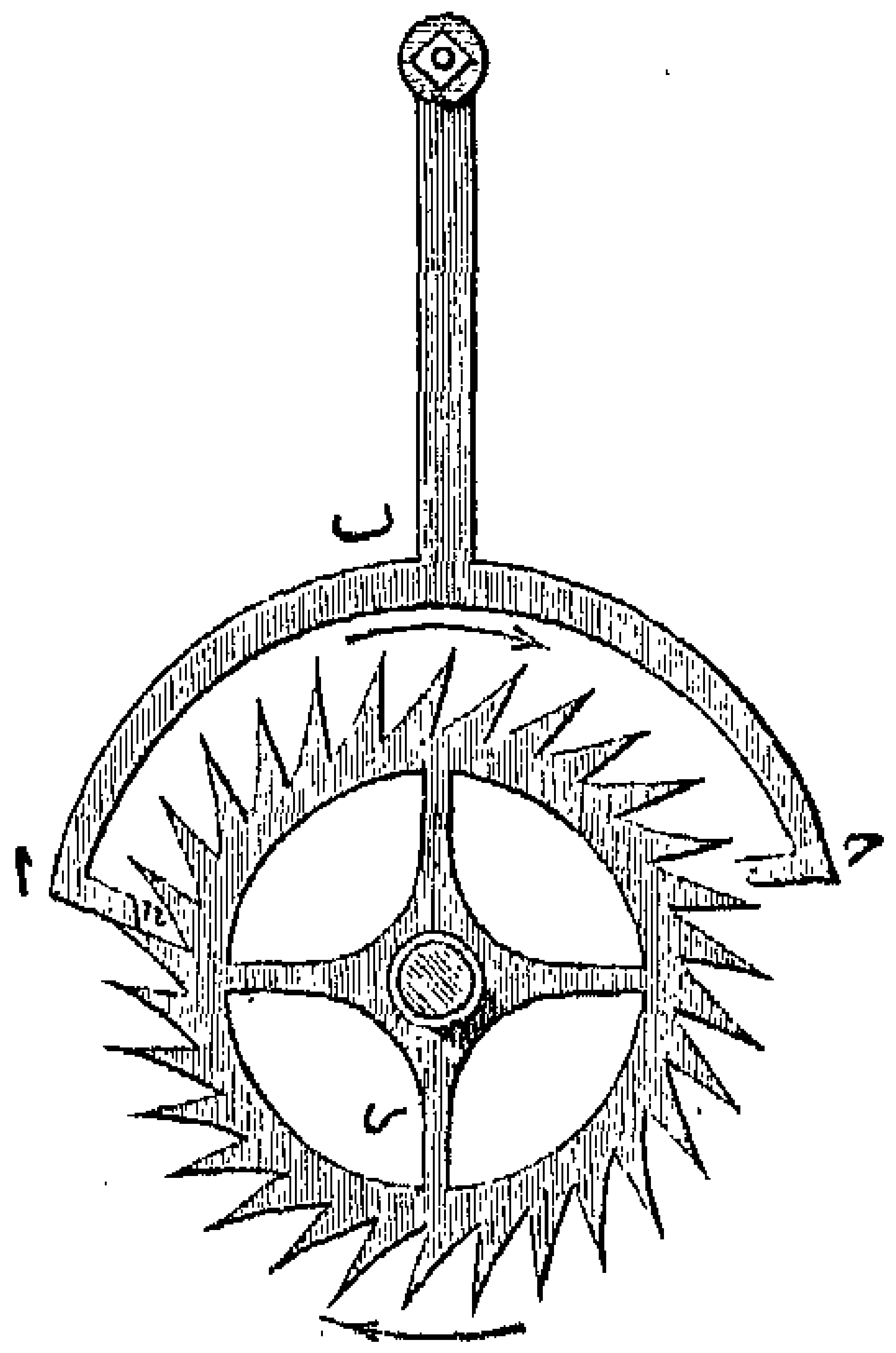
استعمال البندول كمنظم للساعات الدقاقة

هو مؤسس على تساوى ذبذباته الصـغيرة ومن المعلوم ان حركات الساعات المذكورة تنتج اما من انفراد طيات زنبلك أو من سـقوط ثقـل مثبت فى طرف خيط ملفوف حول محور فبدوران هذا المحور تتحرك جميع أجزاء الساعة وبما أنه لا يمكن انتظام سقوط الثقل ولا حل طيات الزنبلك بنفسها اينتج ان حركة العقارب لا تكون منتظمة وقد صار التوصل لتنظيم هذه الحركة باستعمال البندول

وكيفية استعمـال البندول فى الساعات الدقاقة مبين فى (شكل ٦٨) فالعجلة ر مثبتة فى المحور الملتف عليـه الخيط ويوجد فوقها قوس معـدنى ا ب ح مثبت فى محور أفقى ى ط (شكل ٦٩) متحرك حول نفسه وحامل الشوكة ذات سنين ى ن يمر بين سنيها ساق بندول هـ م سهل الحركة حول نقطة تعليقه هـ فعندما يكون البندول ثابتا يكون أحد أسنان العجلة ر متكئا على السطح السفلى من أحد الخطافين المنتهى بهما الساق ا ب ح



ش ٦٩



ش ٦٨

وتكون حينئذ عقارب الساعة ثابتة غير أنه اذا حدثت ذبذبة البندول تذبذب معه القوس ا ب ح ويبعد حينئذ الخطاف ا عن العجلة وتخلص السنة التى كانت متكئة على هذا الخطاف فتدور حينئذ العجلة بتأثير الثقل أو الزنبلك فى الاتجاه المبين بالسهم الى أن يأتى الخطاف الآخر ح ويوقف سيرها بوجوده تحت السن التالى له وفى الذبذبة الثانية يتحرك القوس ا ب ح جهة اليمين ويترك الخطاف ح السنة التى كان أوقفها وتدور العجلة ثانيا الى أن يقابل الخطاف ا السنة التالية للسنة التى كان متكئا عليها أول مرة فتقف العجلة ثانيا وهكذا فينتج من ذلك ان العجلة ر لا تحرك الاسنا واحدا فى كل ذبذبة وحيث ان ذبذبات البندول تحصل فى أزمنة متساوية وبسبب ذلك يقطع عقرب من عقارب الساعة سواء كان مثبتا فى العجلة ر مباشرة أو فى العجلات المعشقة فيها مسافات متساوية فى أزمنة متساوية

شـــــدة الثقل

قد شاهدنا ان السرعة التى يكتسبها الجسم الساقط فى الفراغ من تأثير الثقل بلا مانع فى ثانية واحدة تدل على تأثير شدة الثقل ح فالبندول يدل بطريقة بسيطة على شدة الثقل لاننا اذا أحلنا الى التربيع طرفى المعادلة

$$ز = ط \sqrt{\frac{ل}{ح}}$$

الذى فيها ح يدل على تأثير الثقـــل و ل على طول البندول و ط على النسبة التقريبية لمحيط الدائرة و ز على الزمن فالناتج يكون

$$ز^٢ = \frac{ط^٢ ل}{ح}$$

ومنه يحصل على قيمة قوة الثقل ح ح $= \frac{ط^٢ ل}{ز^٢}$ فيكفى للحصول على قيمة ح العددية فى أى مكان قياس مدة الزمن ز بالدقة وهى التى تذبذب فيها بندول طوله ل معلوم فبهذه الكيفية تحصـــل (بوردا) وغيره من العلماء على ان قيمة ح فى باريس ٩٫٨٠٩٦ متر وفى لوندره ٩٫٨١٠٤ متر وفى مصر ٩٫٧٩١٢ متر وفى خط الاستواء ٩٫٧٨١٠ متر

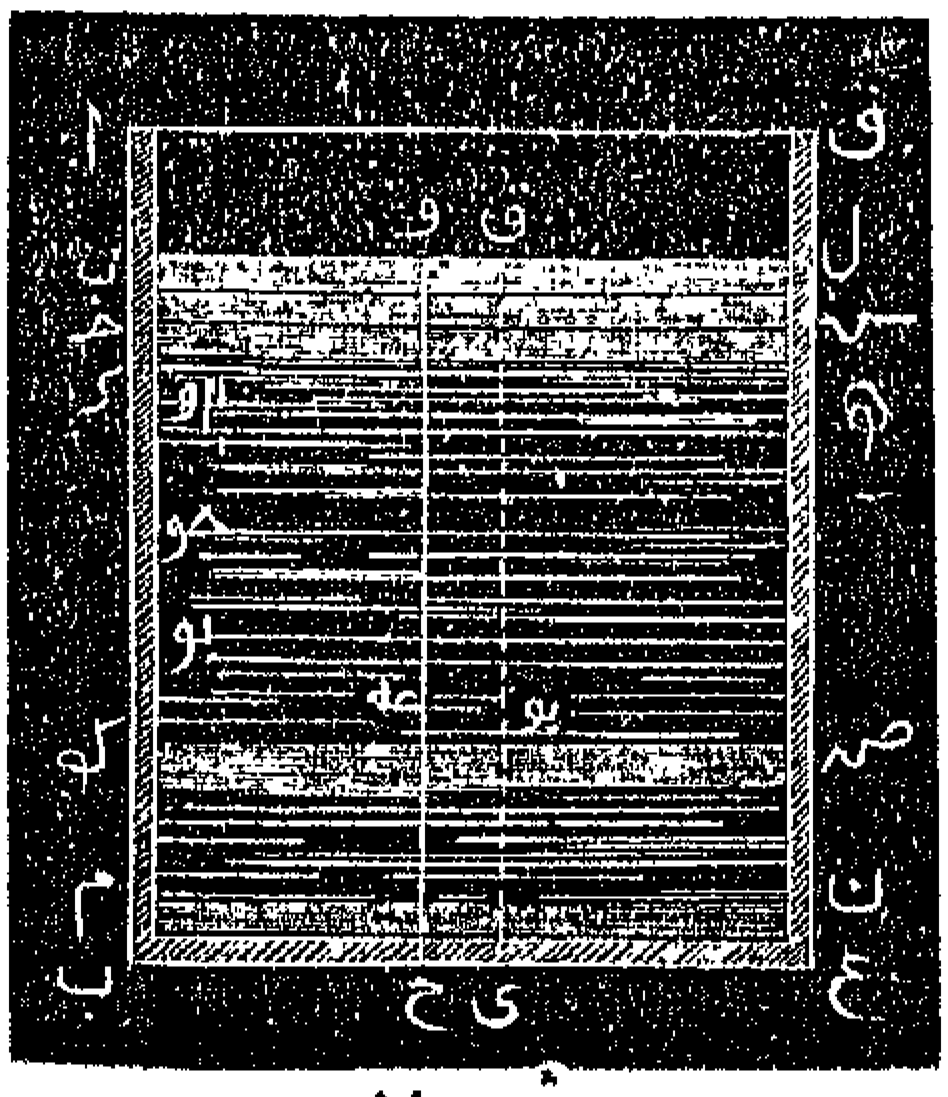
فاذا فرضنا أى جسم كان ترك ونفسه للسقوط فى الفراغ مدة ثانية فاذا كان هذا الجسم منقادا لتأثير الثقــل فانه يستمر متحركا بانتظام بالنسبة لسرعته المكتسبة ويقطع فى ثانية متعاقبة مسافة قدرها ٩٫٧٩١٢ مترا

تشابه الثقل والجذب العام ــ تأثير الجذب الذى به تتجه الاجسام نحو الارض ليس حالة مخصوصة بل هو تطبيق مخصوص لقانون عام وقد استنتج (نيوتون) من قوانين (كيبلر) ما يوضح حركات الكواكب باعتبار أنها تجذب بعضها على حسب عكس مربع المسافات الكائنة بينها وعلى حسب نتائج كتلها ومع كون رأى (نيوتون) يوضح جيدا جميع الظواهر يشك فى ان هذه القوة لها تأثير لان من الصعب جدا الآن فهم وجود مادة مؤثرة على مسافة

ومهما كان فان القانون الحاكم على حركات الافلاك ينطبق على الاجسام الاكثر صغرا فالجذب الذى يؤثر بين شيئين يكون عادة ضعيفا جدا حتى لا يمكن تعيينه بخلاف الحاصل بين الارض والاجسام الموضوعة بالقرب من سطحها فكتلة كرتنا عظيمة جدا ولذلك ان الاجسام تتجه اليها ومن الواضح ان هذا التأثير متضاعف جدا لان كل جزء من جزيئات الجسم مجذوب بجزء من الارض على حدته والمشاهد هو ناتج مجموع هذه القوى ويمكن تسهيل المسألة لأن (نيوتون) دل على أن تأثير كرة يكون مثل ما اذا كانت جميع كتلها متركزة فى مركزها وهذا التعبير يمكن تطبيقه على الارض ويدل على السبب فى كون جميع الاجسام الساقطة تتجه نحو مركز الارض

الايدروســـتاتيك

قاعدة (بسكال) وهى قاعدة تساوى الضغط ــ قد شاهدنا أن السائلات ليس لها شكل مخصوص بل تأخذ دائما شكل الاوانى الحاوية لها وذلك بالنسبة لحركة جزيئاتها بخلاف الاجسام الصلبة واذا حصل ضغط على جسم صلب فانه لا يحدث سوى تغير فى شكل الجهة المضغوطة فقط مع ازدياد كثافتها ولا يمتد هذا التأثير الى باقى أجزاء الجسم وذلك خلاف ما يشاهد فى السوائل فانه بضغط السائل من أى نقطة تقاربت جزيئاته من بعضها وانتقل الضغط الى جميع النقط على التساوى وذلك بالنسبة لحركة الجزيئات وبعبارة أخرى يقال ان السائلات تنقل الضغط الواقع على أى نقطة من سطحها الى جميع الاتجاهات بقوة واحدة فاذا فرضنا إناء كاناء ا ف ع ب (شكل ٧٠) محتويا على حجم من سائل وان هذا السائل مكون من جملة جزيئات مجتمعة ومكونة عدة طبقات موضوعة فوق بعضها ل ب س ح هـ د الخ شاهدنا ان الطبقة الاولى ل ب تضغط بوزنها الطبقة س ح التى تحتها

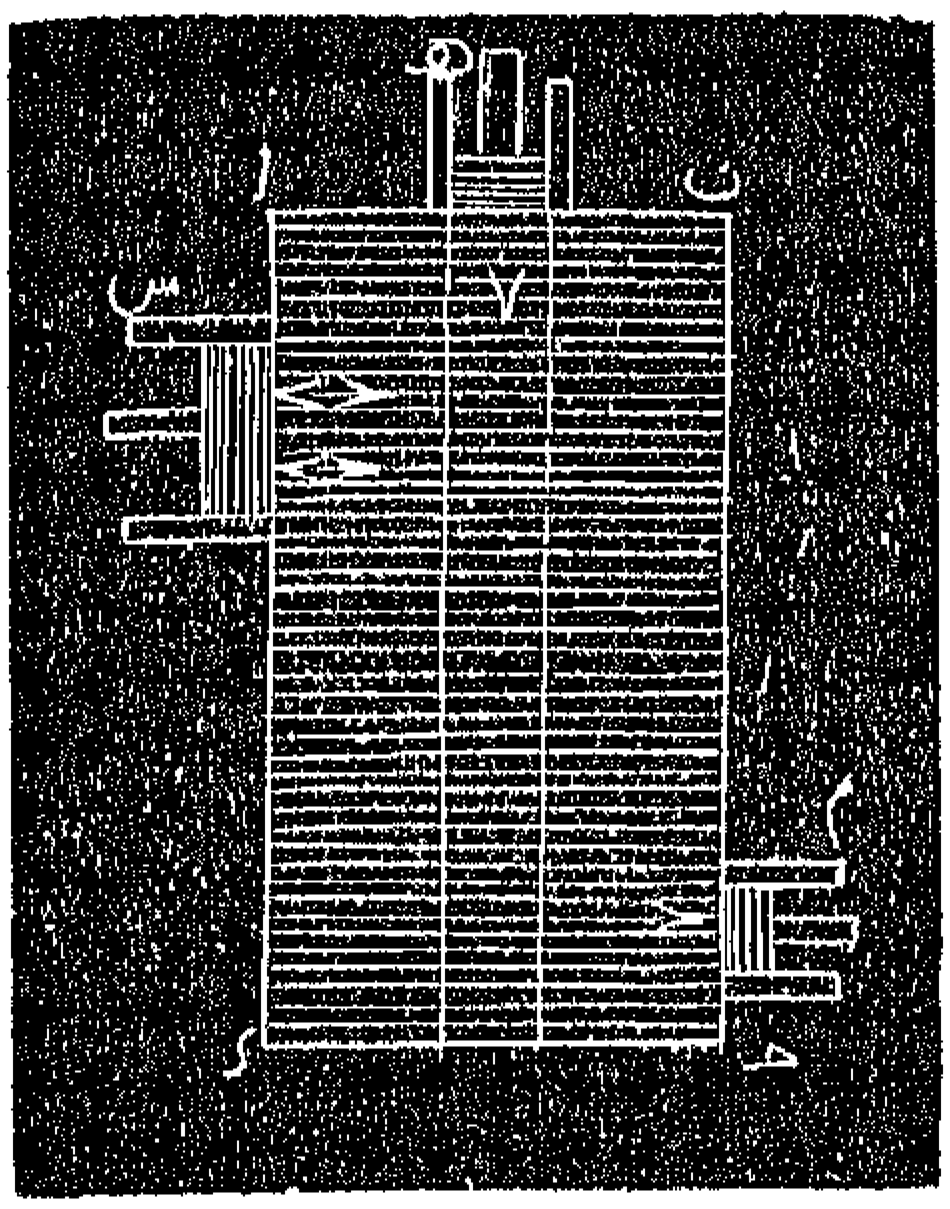

ش ٧٠

وان الطبقة الثالثة هـ ى تحمل وزن الطبقتين معا وهكذا الى الطبقة الاخيرة م ن وهى تحمل وزن جميع الطبقات التى فوقها والضغط الواقع على قاع الاناء ع ب يكون مساويا لوزن كتلة السائل ل ب م ن وكل طبقة من الطبقات الموجودة فى وسط السائل تحمل ضغطا يساوى وزن الطبقات التى تعلوها فالطبقة ص ك مثلا تحمل وزن جميع السائل الذى فوقها ل ب ص ك واذا لم نعتبر الطبقة كلها واعتبرنا جزأ منها كالجزء بو عه فان هذا الجزء لا يحمل الا وزن عمود السائل الذى يعلوه ن و بو عه والضغط الحاصل على الجزء ى ع من قاع الاناء هو وزن العمود ن و ى ع

وبذلك يرى ان كل جزء فى داخل السائل يحمل ضغطا متجها من أعلى الى أسفل مساويا لوزن عمود الجزيئات التى تعلوه ومعلوم ان جزيئات السائلات قابلة للحركة بالنسبة لبعضها فبأى تأثير نرى ان الجزء عه يميل الى الانزلاق فى الاتجاه بو عه كما يميل الى الانزلاق فى الاتجاه عه و و عه ع لكن لكونه ممنوعا من الحركة ومجبورا على البقاء فى وضعه نظرا لمقاومة الجزيئات المجاورة له يحدث ضغطا فى جميع الاتجاهات مساويا للضغط الواقع عليه ولذا كل ضغط يحصل فى أى نقطة من كتلة سائل ينتقل الى جميع الاتجاهات بقوة واحدة وحيث ان لكل فعل ردا يساويه فالجزيئات المحاورة للجزيئى الضاغط فى جميع الاتجاهات تحدث فيه ضغطا مساويا لضغطه فالجزء عه يكون مضغوطا من جميع الجهات بقوة تساوى وزن عمود السائل و عه ومن ذلك ينتج ان كل جزيئى سائل فى حالة الموازنة يتقبل ضغطا فى جميع الاتجاهات فاذا اعتبرنا نقطة من جدران الاناء ولتكن أ و فهذه النقطة تحمل ضغطا قدره وزن عمود السائل أ ى أ و وكذلك السطح أ و بو يحمل ضغطا يساوى وزن عمود من السائل قاعدته السطح المضغوط أ و بو وارتفاعه ارتفاع العمود من نقطة جو الى أ ى أى من مركز ثقل السطح الى السطح العارى للسائل وما هو حاصل بالنسبة لجدران الاناء يحصل لاى جزء من كتلة السائل ومن هذه الحالة نتجت القاعدة المسماة بقاعدة (بسكال)

ويحقق ضغط السوائل على جدران الاوانى التى تحويها بالتجربة الآتية وهى أن يؤخذ اناء كافى (شكل ٧١) أ ب ج د على جدرانه فتحات متساوية السعة مثل هـ و م وفيها مكابس متحركة وفرض ان هذا الاناء ممتلئ امتلاء تاما بسائل يعتبر لاجل التجربة انه عديم الثقل وغير قابل للانضغاط فاذا وضع على المكبس هـ أى وزن كان مثل ١٠ كيلوجرام فان هذا الضغط ينتقل على التعاقب بدون أن يفقد من وزنه شيئا الى السطح الباطن للمكبس الآخر م

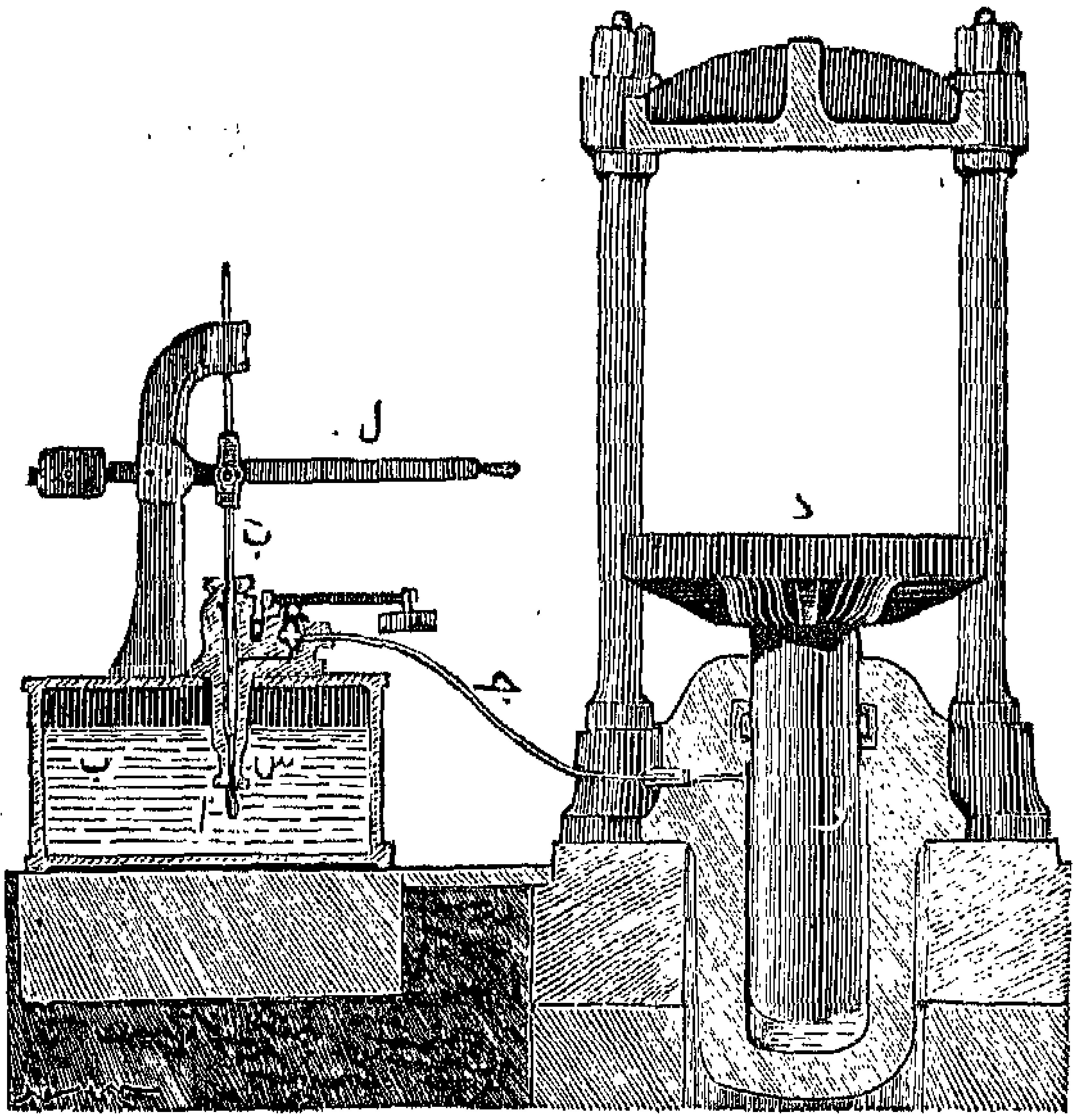
فالمكبس م يقبل من الباطن الى الظاهر الضغط عموديا على سطحه مساويا ١٠ كيلوجرام قيمة المؤثر على المكبس الاول هـ ويكون الامر كذلك بالنسبـة لكل جزء من جـدران الاناء مسطحه مساو لسطح المكبس هـ وكلما اتسع السطح كان الضـغط الواقع عليه أعظم فاذا كان سـطح مثل السطح الموجود فيـه المكبس س أوسـع من سطح المكبس هـ مرتين أو ثلاثا أو أربعا أى انه اذا كان الضغط الواقع على المكبس هـ ١٠ كان الضغط على سطح أوسـع منـه مرتين ٢٠ واذا كان أوسع منه ثلاث مرات كان الضغط ٣ وهكذا


ش ٧١

ولما كانت حركات جزيئات الغازات سريعة جدا كانت موضوعة تحت هذا القانون أيضا فحينئذ اذا كان الاناء مملوأ بالهواء أو بأى غاز آخر خلاف الماء وفرض حصول أى ضغط كان على المكبس هـ لزم أن يوضـع على المكبس م ضغط يساوى ضغط مكبس هـ ليمنعه من ان ينطرد الى الخارج واذا كان أحد المكابس ذا سطح أوسع مرتين أو ثلاثا فالضغط الذى يتحمله يكون أيضا أكبر مرتين أو ثلاثا أى يزداد بالنسبة لاتساع السطح كما فى السائلات

المكبس الايدروليكى ويقال له المعصرة المائيـة ـ لا تنطبق قاعدة (بسكال) جيدا الا على السوائل عديمة الوزن لان تأثير الثقل يولد ضغطا يزداد من أعلى الى أسفل ومع ذلك يمكن تحقيق هذه القاعدة بسوائل ذوات وزن اذا تأثرت بضغط شـديد لصيرورة تأثير الثقل مهملا وهذا ما يحصل فى المكبس الايدروليكى وهو مركب من جسمى طلمبة (شكل ٧٢) أحدهما صغير والآخر كبير متصلين بأنبوبة حـ تحمل حنفية يستفرغ بها الماء عند اللزوم ويتصل جسم الطلمبة الصغير بالانبوبة بواسطة صمام ينفتح من الداخل الى الخارج ويتصل هذا الجسم أيضا بانبوبة جذب ذات صمام س ينفتح من أسـفل الى أعلى ومن مكبس ت تحركه آلة رافعة ل فيتحرك باحتكاك لطيف داخل جسم الطلمبة الصغير ومن حوض ب مملوء ماء تغمر فيه أنبوبة الجذب ا فبتحريك المكبس ت ينفتح الصمام س المتصل بانبوبة الجذب ويرتفع الماء فى جسم الطلمبـة وأثناء نزول المكبس ينغلق هـذا الصمام لانه ينغلق من أعلى الى أسفل فلا يتجه الماء نحو الحوض وباستمرار انخفاض المكبس يتجه السائل الى فتحة جانبيه بها صمام ينفتح من الباطن الى الظاهر وتتصل هـذه الفتحة بالانبوبة حـ وهـذه الانبوبة

توصل السائل الى جسم الطلمبة الكبير وعند رفع المكبس ب لايعود السائل من جسم الطلمبة الكبير لان الصمام الجانبى ينغلق من الظاهر الى الباطن والماء الذى دخل فى جسم الطلمبة الكبير يضغط على مكبسه و من أسفل الى أعلى فيرفعه وهذا المكبس يحمل قرصا د توضع عليه الاجسام المراد ضغطها أو عصرها وهذا القرص يرتفع مع المكبس بين أعمدة مثبتة ومنتهية بقرص متين يحصل بينه و بين القرص الاول ضغط الاجسام أو عصرها

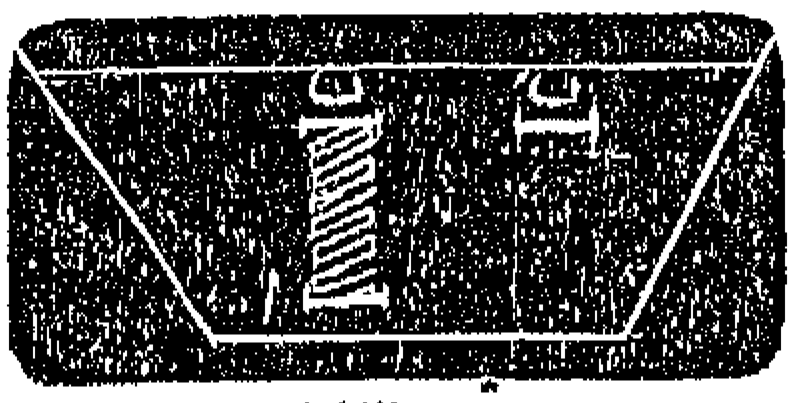


ش ٧٢

الضغط الناشئ عن تأثير الثقل وحده ــ اذا فرضنا ان سائلا معرضا لتأثير الثقل فقط وقصد معرفة الضغط الناتج عنه نقول من المعلوم ان فى هذه الحالة يكون الضغط متزايدا من ابتداء السطح العارى للسائل الى قاع الاناء فاذا فرضنا ان السائل منقسم الى قسمين أفقيين وكل منهما له وزن ويميل الى السقوط فيحدث الاول حينئذ ضغطا على الطبقات التى أسفله مثل الجسم الصلب الموضوع فوق يد فالجزء العلوى يضغط باقى الاجزاء وهذه تتحمل الضغط الواقع منه وتنقله الى الاجزاء الاخر مضافا اليها ضغطها وهكذا

تغير الضغط مع الارتفاع ــ يزداد الضغط من ابتداء السطح العارى للسائل الى قاع الاناء ويعلم هذا التغير مما يأتى

وهو أن السائل الذى فى حالة الموازنة يكون فيه اختلاف الضغط الواقع على جزأين متساويين فى ارتفاعات مختلفة يساوى وزن اسطوانة من السائل قاعدتها أحد هذه الاجزاء وارتفاعها المسافة الرأسية لهذين الجزأين



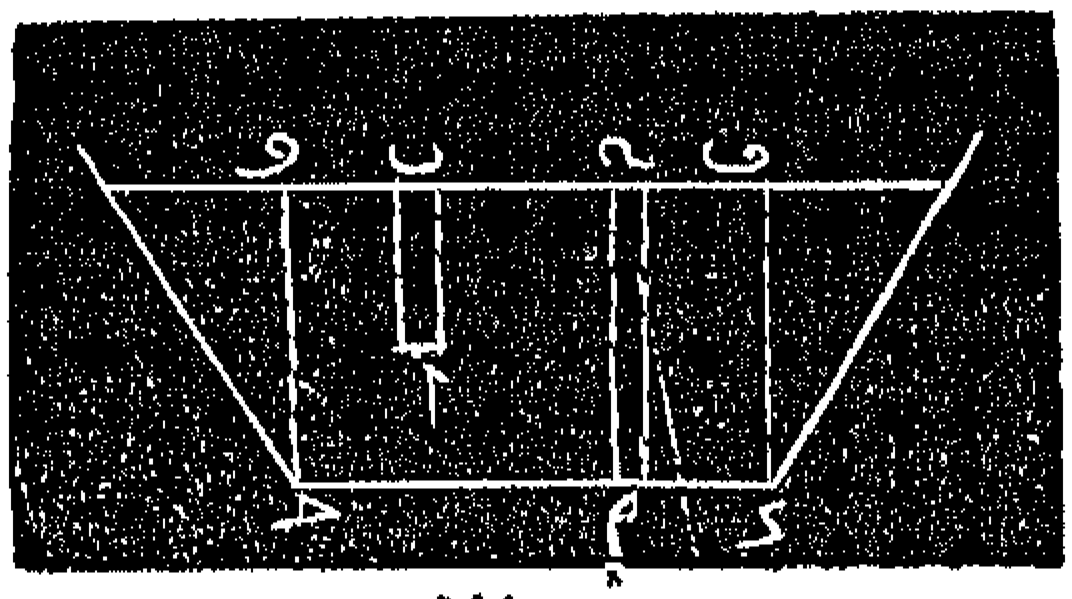
ش ٧٣

فمثلا اختلاف الضغط الواقع على الجزأين ا و ت يساوى وزن الاسطوانة اب (شكل ٧٣)

تساوى الضغط فى جميع الجهات لسطح مستو — الضغط يكون واحدا فى جميع النقط لسطح مستو لانه على حسب ماتقدم بالنسبة لسطحين متساويين فى هذا المستوى يكون فرق الضغط معدوما ويقال فى الغالب ان الاسطحة المستوية هى أسطحة توازن

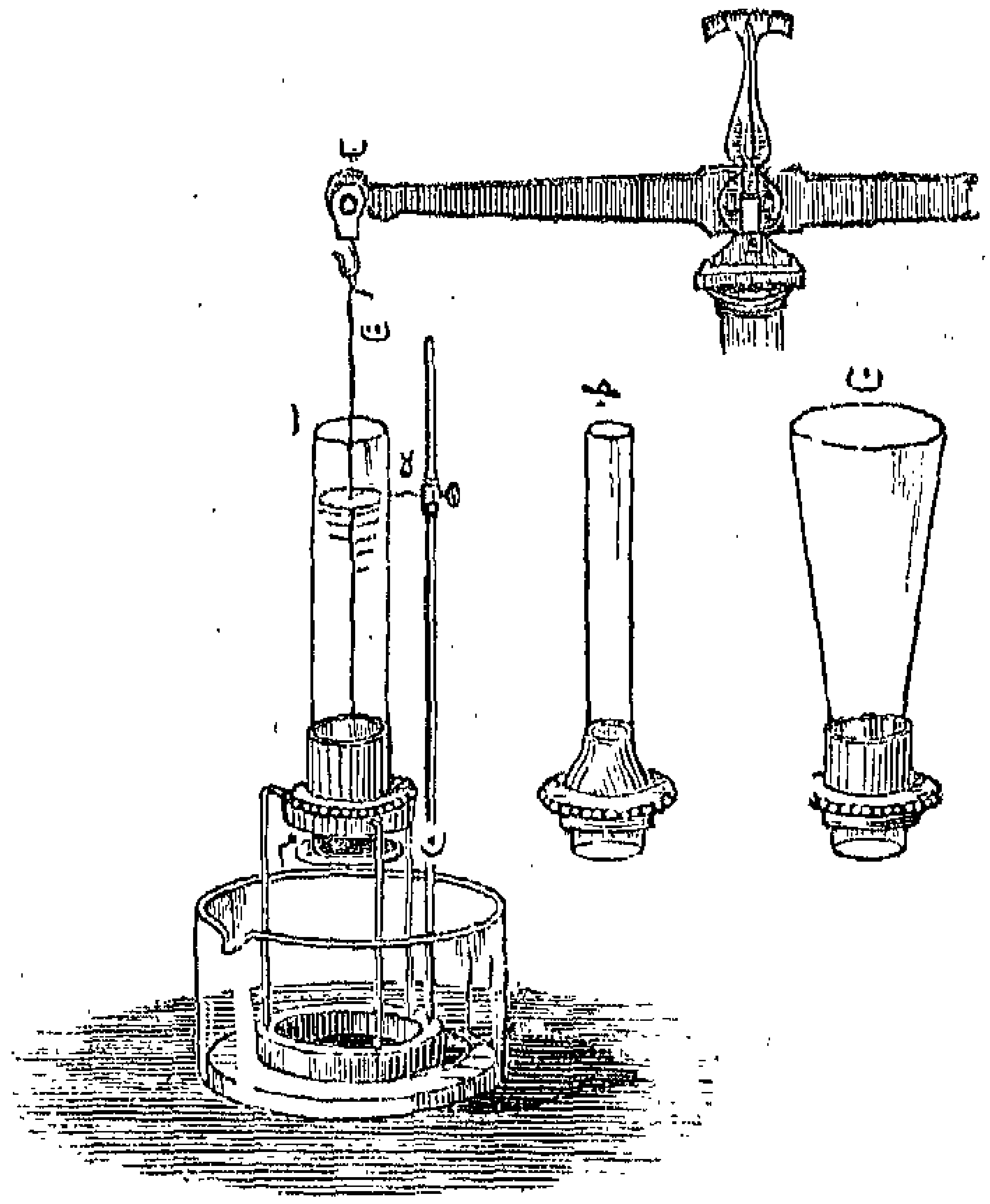
استواء الاسطحة العارية — أسطحة السوائل العارية مسطحة وأفقية لانها حقيقة أسطحة توازن لانها لا تتحمل سوى الضغط الجوى المهمل فى هذه الحالة

الضغط الواقع على أى جزء — من السهل تعيين قيمة الضغط الواقع على سطح صغير أفقى مثل ا (شكل ٧٤) لانه يكون مساويا للضغط الواقع على ب المساوى له المأخوذ على سطح السائل زائد وزن الاسطوانة اب لكن الضغط فى ب معدوم بقطع النظر عن الضغط الجوى فحينئذ يكون الضغط فى ا مكونا من الاسطوانة اب فقط



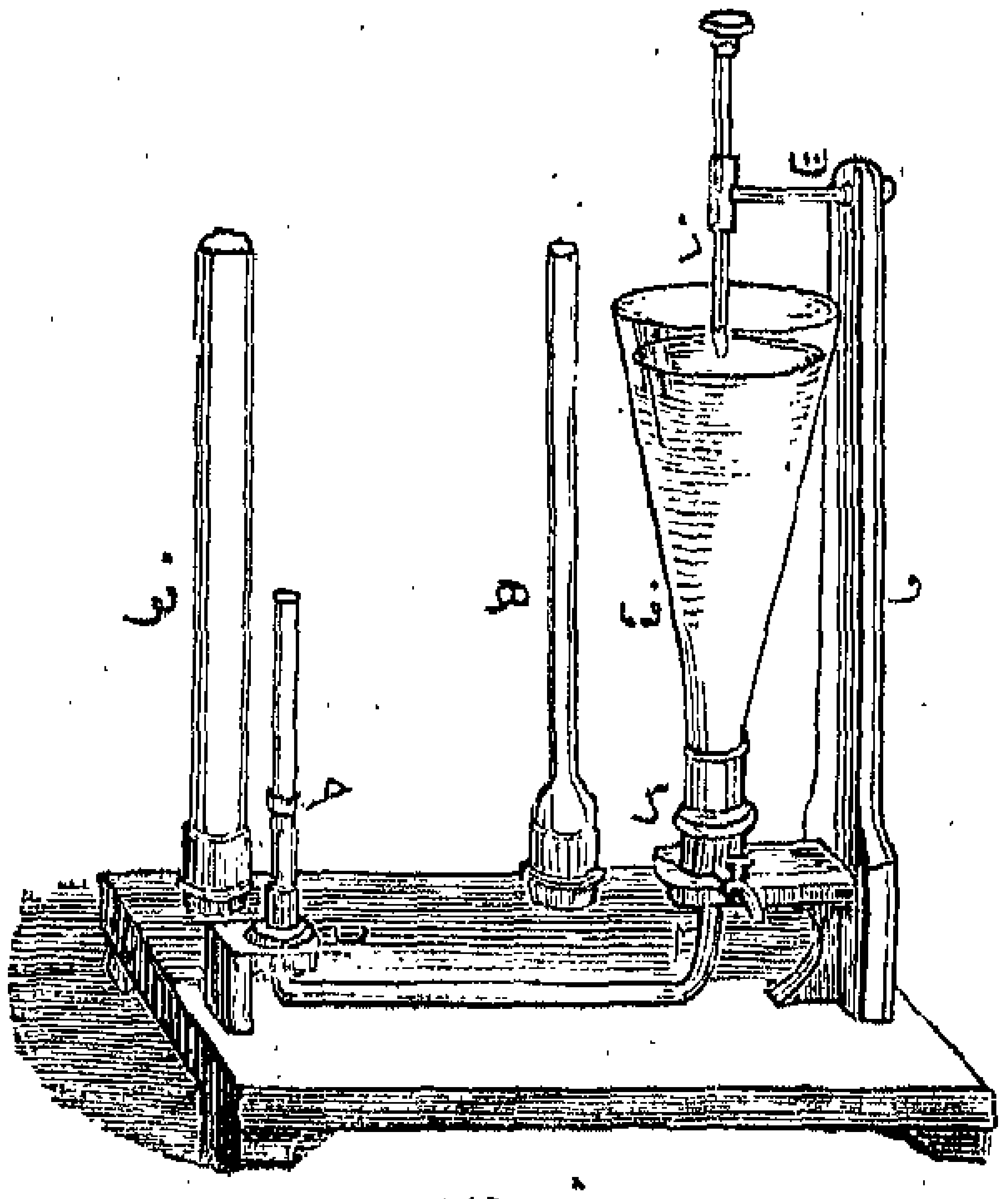
ش ٧٤

الضغط من أسفل الى أعلى — لتحقيق هذه القاعدة يستعمل جهاز (ماسون) وهو يتركب من ثلاثة أوان (شكل ٧٥) ا و ح و ن لا قاع لها ومختلفة فى الشكل لكن فتحاتها السفلى متساوية فى الاتساع وكل واحدة منها يمكن وضعها على حامل معدنى بواسطة قلاوظ فيوضع أحد هذه الاوانى وليكن اناء ا مثلا على الحامل وتغلق فتحته السفلى بقرص م ى من زجاج مستو يعلق بالخيط ت فى الطرف ب لذراع ميزان ثم يوضع فى كفة الميزان التى فى طرف الذراع الآخر صنج حتى يصير التعليق محكما على فتحة الاناء ثم يصب الماء باحتراس فى الاناء الى أن ينفصل القرص عن الفتحة قليلا فيسيل بعض نقط من السائل ففى هذا الوقت يكون الضغط الواقع من أعلى الى أسفل على القاع المتحرك وهو القرص مساويا للقوة الضاغطة على القرص من أسفل الى أعلى لبقائه ملامسا لحافة الفتحة فيميز سطح الماء فى هذا الاناء بواسطة علامة يمكن تحريكها حول ساق عمودية ه ثم يرفع الاناء ا ويستعاض بالاناء ح و ن على التوالى من غير تغير فى العلامة ه فيكون الضغط واحدا على قاع الاوانى من أسفل الى أعلى



ش ٧٥

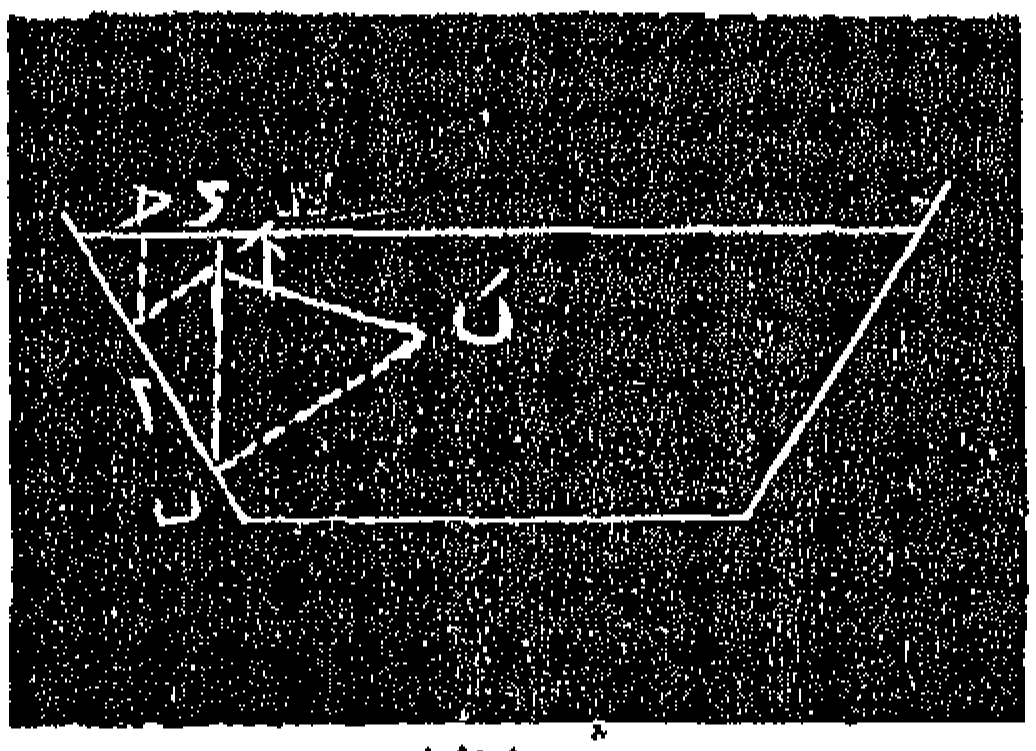
الضغط من أعلى الى أسفل ــ الضغط الذى يحدثه السائل الذى فى حالة الموازنة على قاع الاناء الحاوى له يساوى وزن عمود من هــذا السائل قاعدته اسطح المضغوط وارتفاعه بعد السطح العارى لهذا السائل ومن هذا التعريف يرى ان الضغط لا يتعلق بشكل الآنية بل باتساع القاع وارتفاع سطح السائل ويتوصل الى تحقيق ذلك بواسطة جهاز (هلدات) (شكل ٧٦) وهو يتركب من أنبوبة ا ب منحنية مرتين انحناء قائم الزاوية ومحتوية على الزئبق وفى طرفها القصير د طوق له حنفية ذات برمة وعليه يمكن تركيب أوان مختلفة الشكل ف و هـ و فو لكن قاعها واحد وهو سطح الزئبق فى فرع الانبوبة د ولفعل التجربة بهذا الجهاز يركب أحد هذه الاوانى ف ثم يصب فيه الماء الى أن يصل الى ارتفاع يعين بساق طرفها مدبب ذ فضغط الماء



ش ٧٦

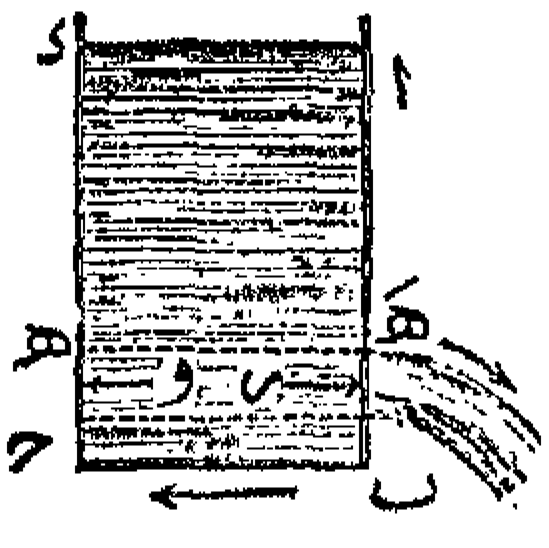
من أعلى الى أسـفل برفع الزئبق فى الفرع الآخر من الانبوبة الى نقطة ح مثلا تعلم بحلقة معدنية متحركة على هـذا الفرع ثم يرفع الاناء ف ويستبدل بغـيره ويصب الماء الى الارتفاع الاول فى الاناء ف فيشاهد وصول الزئبق فى الفرع الآخر من الانبوبة الى الارتفاع ح وهكذا بالنسـبة لجميع الاوانى التى يكون قاعها مساويا فى الاتساع ولو كانت أشكالها مختلفة

الضغط على القاع غير الافقى — ماذكر ينطبق على جميع الجدر الافقية أو على جزء منها وكذلك ينطبق على أى جزء من الجدر المنحدرة لكن يلزم أن يكون صغيرا حتى يمكن اعتبار جميع نقطه موضوعة على مسافة واحدة من السطح العارى ولا يمكن امتداده الى قطعة لانهاية لها من الجـدران المنحدرة التى أجزاؤها المختلفة تكون موضوعة على مسافات غير متساوية من السطح العارى ومن السهل تعيين هـذا الضغط فمثـلا ا ب (شكل ٧٧) هو السطح المعلوم فباقامة عمود من كل نقطة على الجدران وأخذ طول على هذا العمود يساوى المسافة من النقطة المعـلومة الى السـطح العـارى للسائل يتحصل على الجسم المحـدود بالاحرف ا ب اَ بَ وباعتبار اا َ = اح , ب بَ = ب ى يكون وزن جسم هـذا السائل هو قيمة الضغط الواقع على الجدران ويسـتدل على وزن هـذا الجسم من القاعدة الآتية


ش ٧٧

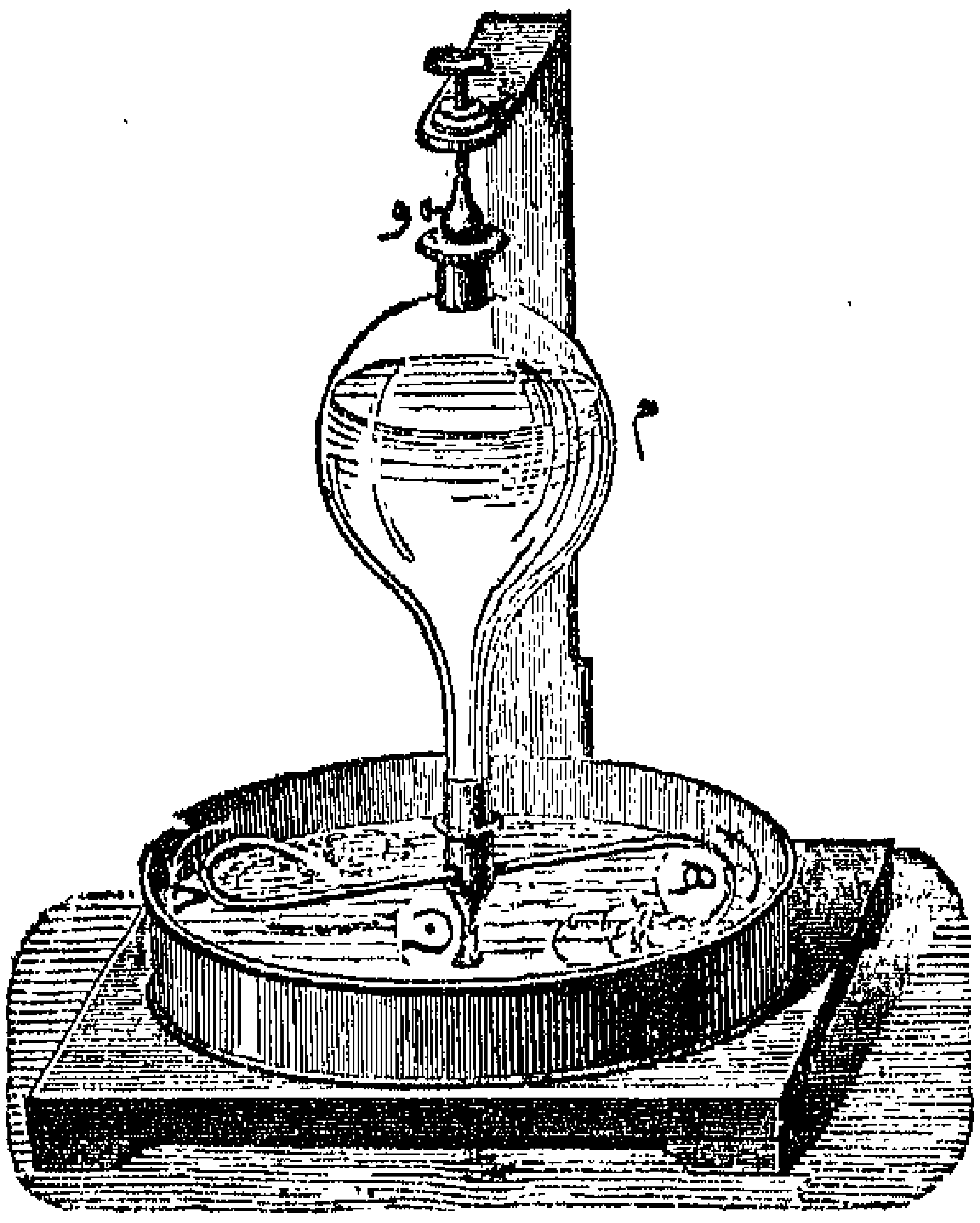
وهى ان الضغط الواقع على سطح من أى جدران منحدرة يساوى وزن اسطوانة من السائل قاعدتها الجدران المذكورة وارتفاعها المسافة الكائنة بين مركز ثقل هذه الجدران والسطح العارى للسائل

وهنالك جلة تجارب تثبت تحمل جدران الاوانى الضغط الجانبى منها العربة المائية وهى انه اذا وضع اناء مملوء بالماء على عربة سريعة الحركة وفتحت فتحة فى الجزء السـفلى من جدره الجانبية شوهد سـيلان السائل مع سير العربة فى اتجاه مضاد لاتجاه السيلان فاذا فرضنا اناء مثل ا ب ح ى (شكل ٧٨) على شكل متوازى السـطوح مملوأ بالماء وفرضنا ان الجزء هـَ هو الذى فيه الفتحة المعدة لسيلان السائل فيرى انه قبل فتح الفتحة يكون الضغط ر الواقع على سطحها من السائل معادلا للضغط و الواقع على الجزء هـ


ش ٧٨

المقابل للفتحة فاذا فتحت الفتحة يكون تأثير الضغط ر هو سيلان السائل وأما الضغط و فيبقى مؤثرا على جدر الاناء ويحدث تقهقره فى اتجاه مضاد لاتجاه سيلان السائل

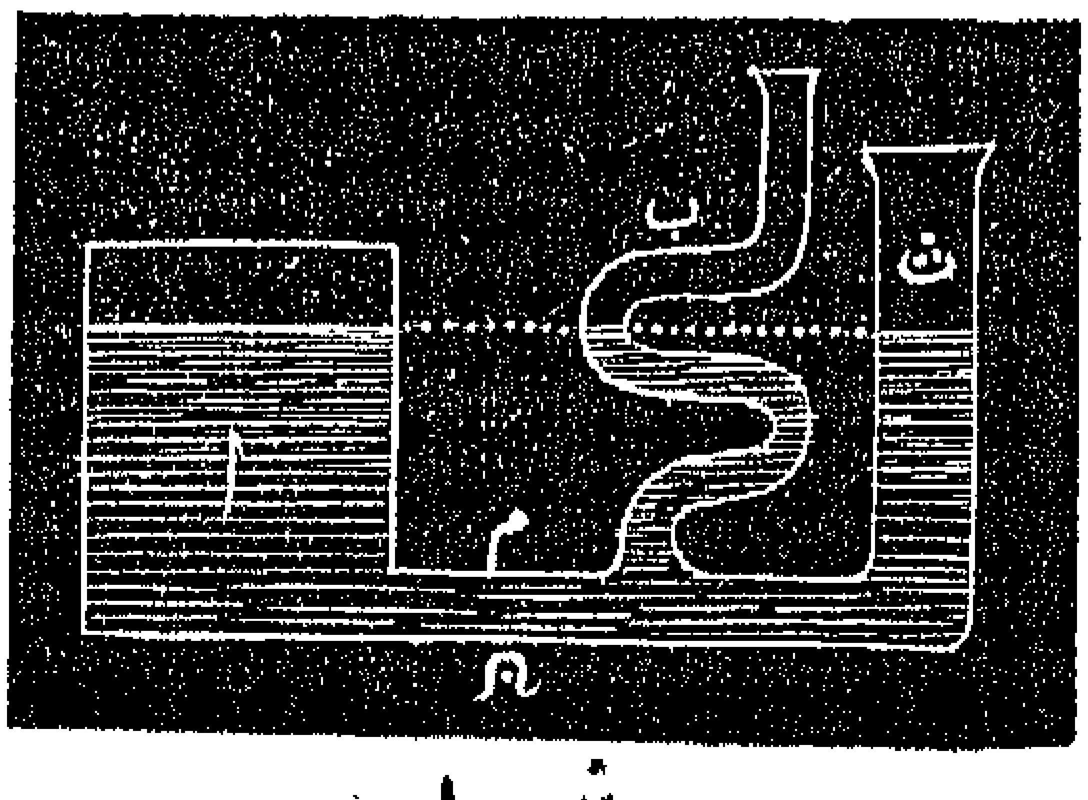
ومنها البارم المائى فانه مؤسس على هذه النظرية وهو مكوّن كما فى (شكل ٧٩) من آنية م ن مملوأة ماء متحركة حول محور رأسى و ن مثبتة فى حوض ومتصلة من أسفل بأنبوبة هح طرفاها منحنيان فى اتجاهين مضادين لاتجاه سيلان السائل وبمجرد سيلان هذا السائل من طرف الانبوبة يدور الجهاز فى اتجاه مضاد لاتجاه السيلان وهذا الدوران ناشئ من الضغط الذى يحدثه السائل على الاجزاء المقابلة للفتحات وكلما كان ارتفاع سطح السائل فى الاناء أعظم والفتحتان اللتان يسيل منهما السائل أكثر اتساعا كانت الحركة أسرع



ش ٧٩

موازنة السائلات فى الاوانى المستطرقة ببعضها — المراد من الاوانى المستطرقة ببعضها اناء أو أكثر متصلة ببعضها بواسطة أنبوبة كأنها اناء واحد ويميز فى الاوانى المستطرقة ببعضها حالتان من الموازنة على حسب ما اذا كانت الاوانى المستطرقة محتوية على سائل متجانس أو على سوائل مختلفة الكثافة

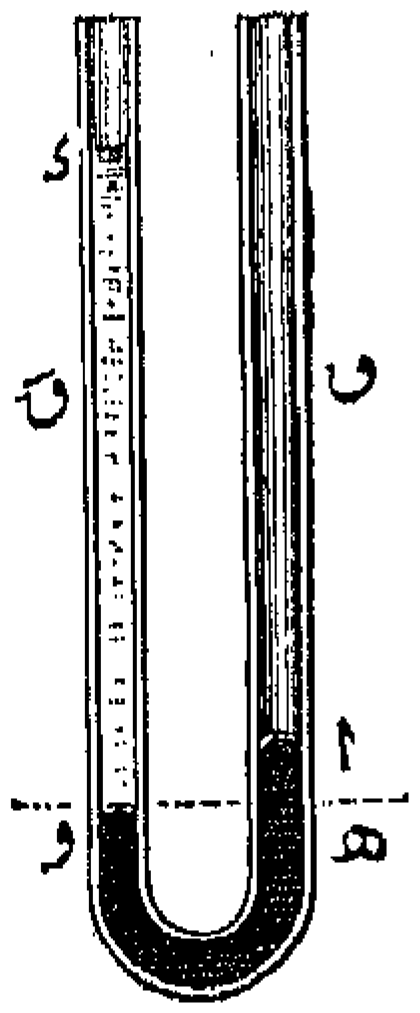
الحالة الاولى لاجل أن يكون السائل المتجانس فى حالة الموازنة فى اناء أو جملة أوان متصلة ببعضها يلزم أن تكون الاسطحة العارية لهذا السائل ذات ارتفاع واحد فى الاوانى المختلفة فلنفرض مثلا ان الثلاث أوان ا و ب و ث (شكل ٨٠) متصلة ببعضها وفى أنبوبة الاتصال سطح السائل م ن فلاجل أن تكون الجزيئات المكونة لهذا السطح من السائل فى حالة الموازنة يلزم ان الضغط الذى تحمله من كل جهة يكون متساويا ومن حيث ان الضغط يكافئ وزن عمود من السائل قاعدته امتداد السطح من السائل الذى اعتبرناه وارتفاعه المسافة الرأسية من مركز



ش ٨٠

ثقله الى السطح العاري للسائل يلزم حينئذ أن سطح السائل العاري يكون بارتفاع واحد في كل أناء لاجل أن يكون الضغط متساويا في جميع الاتجاهات مع حصول الموازنة وعلى حسب هذه القاعدة يقال ان الماء يميل دائما أن يساوي سطحه الاصلي وعليها أيضا يؤسس ترضيح ظواهر طبيعية كالحنفيات والينابيع المستمرة والآبار الارتوازية وعليها أيضا يؤسس فعل السدود ونافورات الماء والمجاري في باطن الارض المعدة لتوصيل المياه من ينابيع مختلفة البعد الى مستودعات موضوعة في ارتفاع يساوي ارتفاع تلك الينابيع لاجل توزيعها فيما بعد

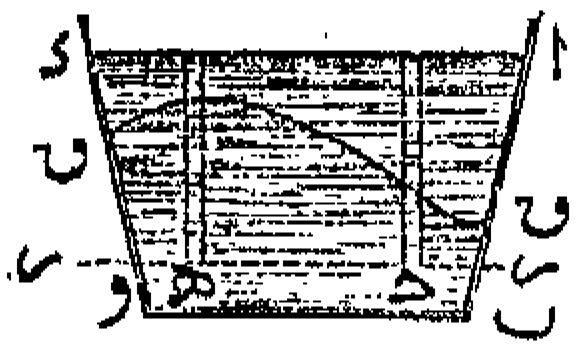
الحالة الثانية — اذا كان سائلان مختلفا الكثافة ولا تأثيرلهما على بعض تأثيرا كيماويا مشمولان في اناءين متصلين ببعضهما فارتفاع أعمدة السائل التي تتوازن يكون على حسب عكس كثافتها فمثلا كما في (شكل ٨١) الاناآن ں و ںَ المتصلان بفرض انه صب أولا زئبق في الفرع ںَ ثم صب فوقه سائل خفيف كالماء فوزن عمود الماء ى و يخفض في الحال سطح الزئبق و في الاناء ںَ ويرفعه في الاناء الآخر ں فاذا فرضنا سطحا أفقيا هو مارا بالسطح الفاصل للزئبق عن الماء شوهد أن عمود الزئبق اهـ يوازن عمود الماء ى و وبقياس هذين العمودين نجد أن الاول أصغر من الثاني بثلاث عشرة مرة ونصف وهذا دليل على القاعدة المذكورة من حيث ان كثافة الزئبق أكثر من كثافة الماء بنحو ثلاث عشرة مرة ونصف



ش ٨١

تنبيـــه — قطر الانبوبة ں مفروض أنه مساو لقطر الانبوبة ںَ ولكن يمكن الحصول على النتيجة عينها اذا كانت الانابيب ذوات أقطار مختلفة بحيث ان الانبوبة الاكثر صغرا يكون لها قطر كاف لعدم مشاهدة الخاصية الشعرية فاذا كانت الانبوبة ں أعرض من الانبوبة ںَ مائة مرة ارتفع الزئبق بالنسبة لقاعدة تساوي الضغط دائما الى السطح ا أي الى ارتفاع أقل ثلاث عشرة مرة ونصف من عمود الماء

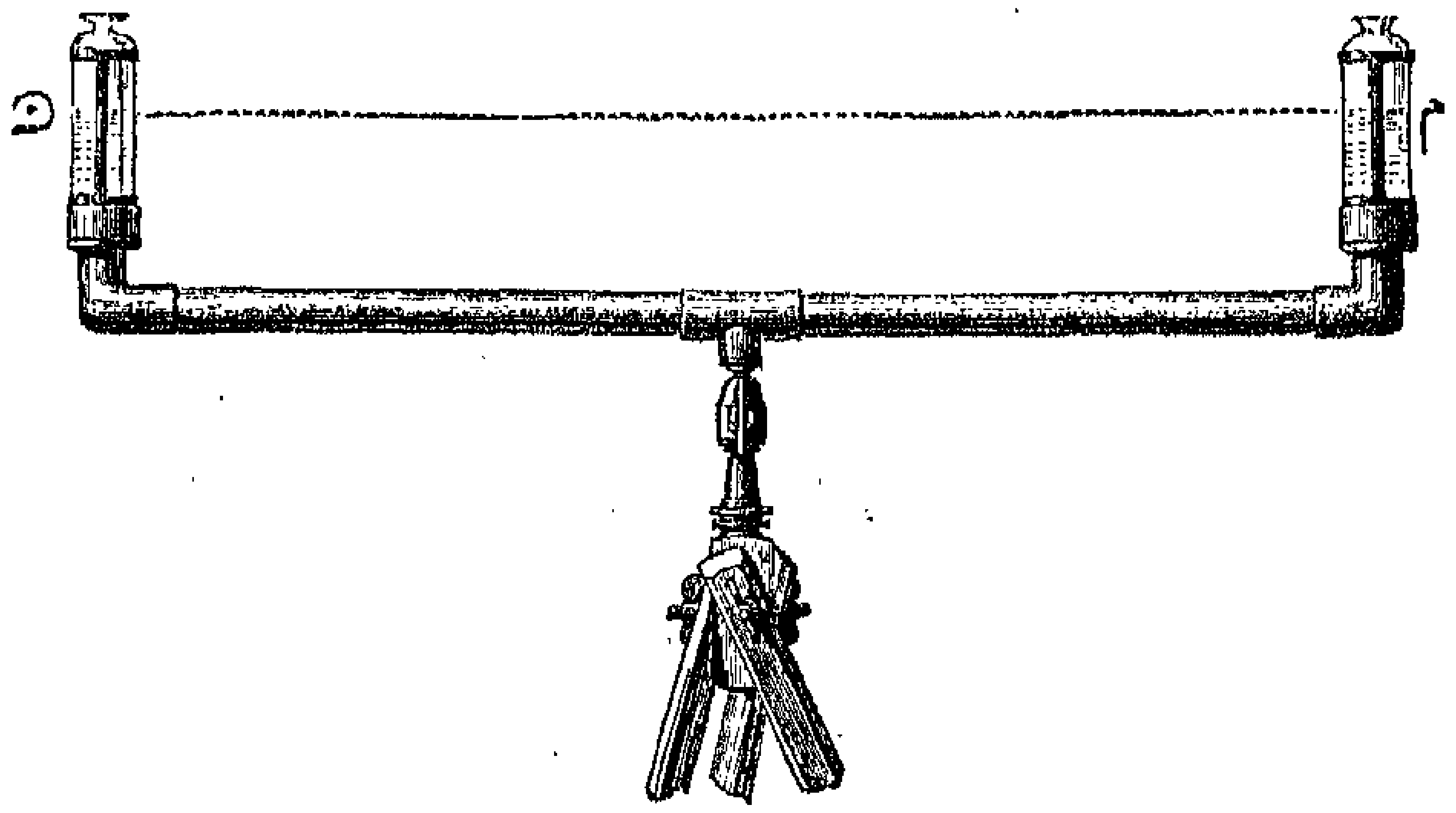
السطح الفاصل بين سائلين — السطح الفاصل بين سائلين موضوعين فوق بعضهما يكون دائما أفقيا ونشاهد هذه الحالة أيضا اذا وجدت عدة سوائل فاذا فرضنا أن سطح الانفصال غير أفقي وكان شكله كما في (شكل ٨٢) ں ں كان الضغط الذي يقع على سطحين متساويين حـ و هـ من طبقة مں موجودة أسفل سطح الانفصال غير واحد وهذا مخالف لما ذكرناه فيما تقدم ولاجل أن تكون هذه السوائل في حالة موازنة ثابتة يجب أن تكون


ش ٨٢

مرتبة على حسب كثافتها أى ان أثقلها يكون أسفل أخفها حتى يصير مركز ثقلها فى أنزل وضع ويمكن اثبات ذلك بتجربة بسيطة وهى أن يؤخذ سائلان أو جملة مختلفة الكثافة ولا تأثير لها على بعض كالماء والزيت أو الماء والزيت والزئبق وهكذا وتوضع فى زجاجة فيشاهد بعد قليل من الزمن انفصال هذه السوائل عن بعضها بأسطحة أفقية ويكون الزئبق أسفل والماء أعلى منه ثم الزيت وهكذا

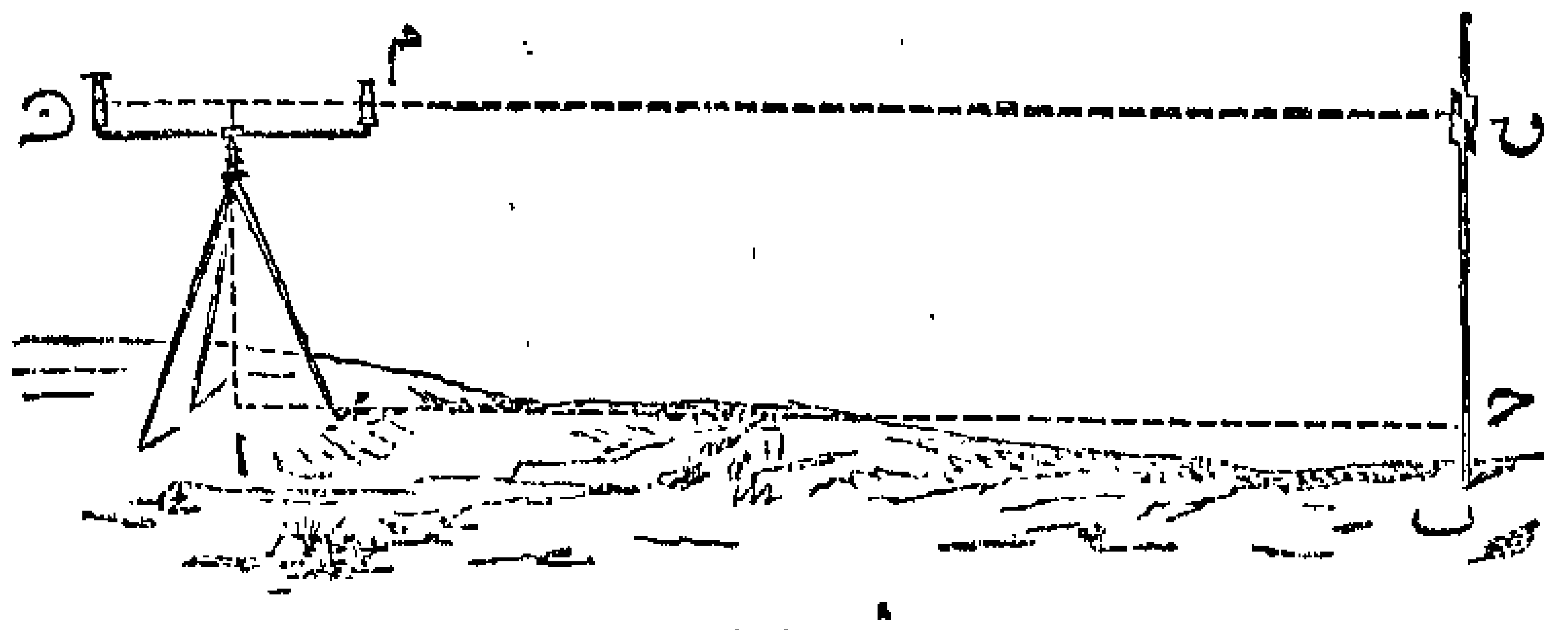
تطبيقات الاوانى المستطرقة ببعضها ــ قاعدة الاوانى المستطرقة ببعضها أهدت الى تطبيقات عديدة اذا احتوت على سائل واحد

منها جهاز التسوية المائى أى ميزان الماء المستعمل لمعرفة الفرق بين ارتفاع نقطتين وهو عبارة عن أنبوبة معدنية (شكل ٨٣) محمولة على حامل ذى ثلاث أرجل وطرفاها منحنيان على هيئة زاوية قائمة وموفق عليهما أنبوبتان من الزجاج م و ﻫ فاذا صب فى هذا الاناء ماء الى أن يظهر فى الانبوبتين م و ﻫ فان سطحيه فيهما يكونان فى مستو أفقى واحد



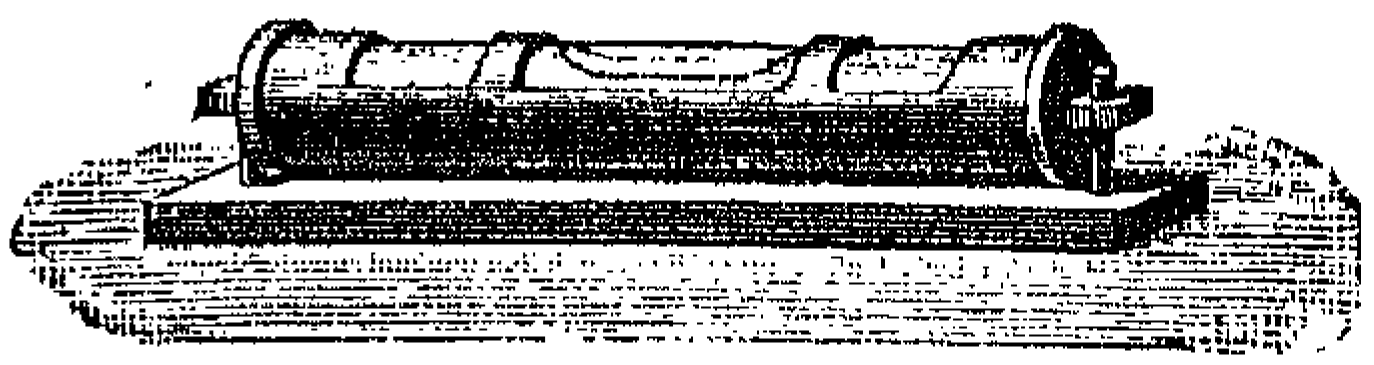
ش ٨٣

وعندما يراد استعمال هذا الجهاز لتعيين الفرق بين ارتفاع نقطتين ا و ب فيوضع فى نقطة ب كاف (شكل ٨٤) مساعد ومعه مسطرة طويلة مقسمة الى سنتيمترات تتحرك عليها لوحة مربعة مقسمة الى أربعة أقسام اثنان منها مغطيان بطبقة بيضاء والاثنان الآخران بطبقة سوداء أو حمراء ثم يضع المساح عينه فى نقطة ﻫ أعلى سطح السائل ويضع اشارات بيده الى المساعد بان يرفع أو يخفض اللوحة الى أن يرى نقطة تقابل المربعات الاربعة ى على امتداد الشعاع البصرى المار بسطح الماء فى الانبوبتين م و ﻫ فيعلم عند ذلك البعد الرأسى ى ب الكائن بين نقطة ى و ب فالفرق بين الارتفاعين ا ﻫ و ى ب يكون دالا على الفرق بين ارتفاعى النقطتين وهو ح ب



ش ٨٤

ومنها جهاز التسوية ذو الفقاعة الهوائيـة وهو مكوّن كما فى (شكل ٨٥) من أنبوبة من الزجاج محدبة قليلا من الوسط ومحفوظة فى غمد من النحاس وهى مملوءة بالماء أو الكؤول وفيها فقاعة من الهواء فمتى كان الجهاز أفقيا كانت الفقاعة الهوائية فى الوسط وكان السطح المراد معرفته أفقيا واذا وجدت الفقاعة فى جهة أخرى غير الوسـط كان السطح غير مستو وتكون الفقاعة دائما فى الجهـــة المرتفعة ولاجل التحقق من أفقية السـطح يوضـع الجهاز على التوالى فى وضعين عمودين على بعضهما من السطح

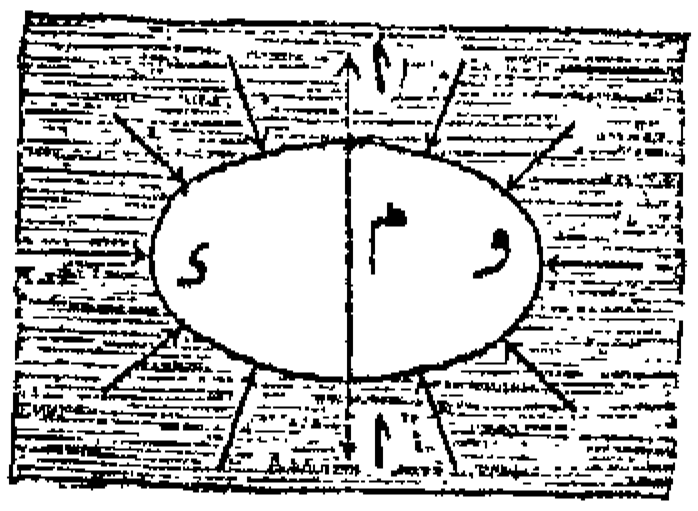


ش ٨٥

قاعدة ارشميد

اذا غمر جسم صلب فى سائل فانه يكابد من هذا السائل ضغطا على جميع أسطحته وجميع هذه الاضغاط لها ناتج يعين بواسطة قاعدة (ارشميد)

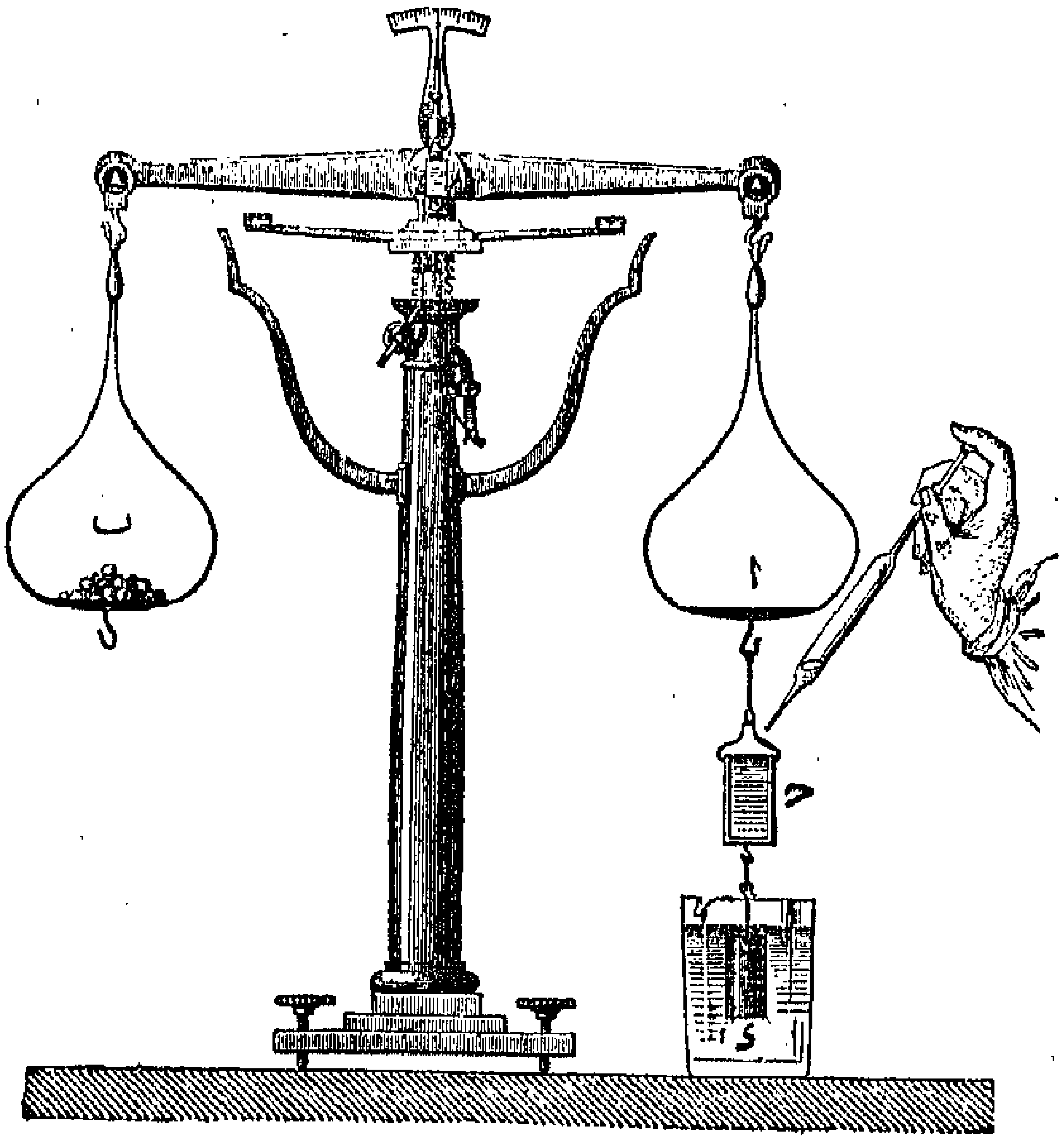
وهى أن كل جسم غمر فى سائل يكابد من هذا السائل دفعة متجهة من أسفل الى أعلى اتجاها عموديا تساوى وزن حجم الماء المزاغ ويقال بعبارة أخرى ان كل جسم غمر فى سائل يفقد جزأ من وزنه يساوى وزن حجم السائل المزاغ وهذه القاعدة التى سنشاهدها فيما سيأتى منطبقة أيضا على الغازات ويمكن مشاهدتها بطريقتين التعقل والتجربة فالمشاهدة بالتعقل تكون اذا فرض كما فى (شكل ٨٦) كتلة من سائل فى حالة الموازنة !! وفرض أى جزء منها مثل و م ى تجمد بدون تغير فى كثافتـه فمن الواضح أن الموازنة لا تفقد وان الضغط الذى يتحمله هذا الجزء المتجمد الواقع عليـه من السائل المحيط يتحلل الى ضـغط أفقى وضغط عمودى مؤثر على سطحه تأثيرا عموديا فالضغط الاول وهو الافقى ينعدم ضرورة حيث انه متساو فى كل نقطة مضادة وأما الضـغط العمودى



ش ٨٦

الذى هو نتيجة دفع السائل فانه يكون مساويا وزن الجزء المتجمد نفسه وبعبارة أخرى يساوى وزن السائل الذى زاغ للحصول على الموازنة واذا بدلنا الجزيئى و م ى بأى جسم كان شكله كشكله فان هذا الجسم يكابد الضغط عينه من أسفل الى أعلى و يفقد حينئذ جزء من وزنه يساوى وزن السائل الذى شغل محله هذا الجسم

والمشاهدة بالتجربة تتضح كما فى (شكل ٨٧) بواسطة اسطوانتين من النحاس الاصفر احداهما مصمتة ى والاخرى مجوفة ح والاولى تدخل محكمة فى الثانية بكيفية بها ان سعة الاسطوانة المجوفة تكون مساوية حجم الاسطوانة المصمتة بغاية الاحكام ثم تعلق هاتان الاسطوانتان فى احدى كفتى الميزان الايدروستاتيكى ولتكن ا مثلا بشرط أن تكون المصمتة أسفل المجوفة ثم يوضع خردق الرصاص أو الرمل الجاف فى الكفة الثانية ب الى أن يصير العاتق أفقيا ومتى تم ذلك يرفع العاتق ويوضع تحت الاسطوانتين اناء مملوء بالماء ثم يخفض ثانيا بحيث تنغمر الاسطوانة المصمتة كليـة فى الماء فتفقد الموازنة فلاجل اعادتها يلزم ملء الاسطوانة المجوفة من السائل عينه فحينئذ يتضح انه الوزن المفقود والاحسن أن يقال الدفع الذى كابدته الاسطوانة المصمتة مدة انغمارها يساوى وزن حجم من السائل يساوى حجمها



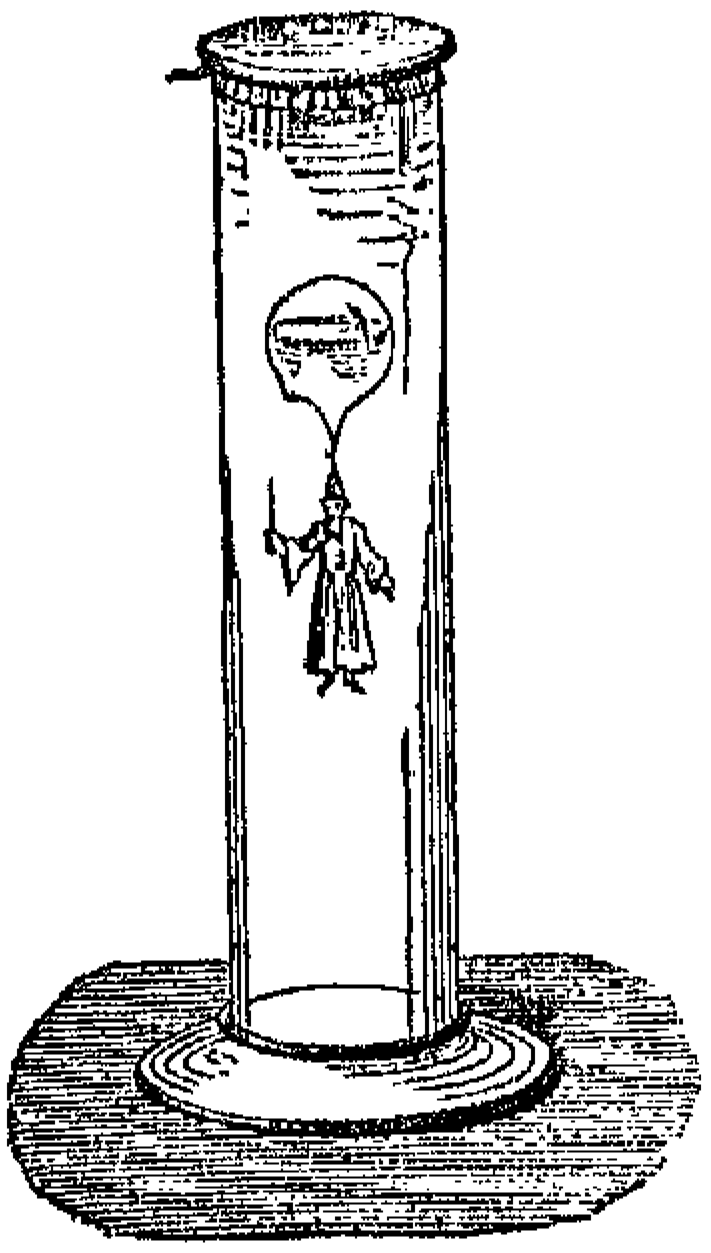
ش ٨٧

نتائج قاعدة (ارشميذ) — متى غمر جسم فى سائل شوهد ثلاثة أحوال

الحالة الاولى — اذا كان الجسم المغمور أكثر كثافة من السائل فانه يقع فى قاع الاناء بقوة مساوية للفرق بين وزنه و وزن السائل المزاغ

الحالة الثانية — اذا كانت كثافة الجسم مساوية كثافة السائل كان وزنه مساويا وزن السائل المزاغ فلا يمكنه النزول ولا الارتفاع بل يبقى معلقا فى السائل فى حالة الموازنة

الحالة الثالثة — اذا كان الجسم المغمور أخف من السائل فانه يصـعد على السطح بقوة تساوى الاختـلاف بين وزنه ووزن السائل المزاغ فيرتفع جزء من الجسم على سطح السائل حتى ان وزن السائل المزاغ يساوى وزنه فمثلا كل جسم يسبح فى سائل يزيغ حجما منـه وزنه يساوى وزنه فالآلة الصغيرة من الطبيعة المعروفة باللعبة تحقق هذه الاحوال الثلاثة وهى صورة صغيرة من العاج كما فى (شكل ٨٨) يعلوها كرة صغيرة مجوفة من الزجاج محتوية على كمية من الهواء مثقوبة من جزئها السـفلى وكلتاهما موضوع فى مخبار مملوء بالماء ومسدود بغشاء متوتر فترتفع هذه الصورة الى سطح الماء لانها فعلت بكيفيـة بها تكون أقل وزنا من الماء الذى أزاغته لكن اذا ضغط على الغشاء بالاصبع دخل الماء فى الفقاعة فضغط الهواء الموجود فيها فيشاهد فى الحال ان اللعبـة سقطت فى قاع المخبار لزيادة وزنها بالماء الداخـل فى الفقاعة واذا خف الضـغط فى أثناء نزولهـا أمكن ابقاؤها فى الارتفاع حسب الارادة ويكون وزن مجموع الآلة الصغيرة والماء المحتوية عليـه حينئذ مساويا وزن الماء المزاغ فاذا منع الضـغط عن الغشـاء أخرجت قوة مرونة الهواء الموجود فى الفقاعة كرات الماء التى دخلت فترتفع الصورة الى سطح الماء كما كانت



ش ٨٨

السباحة وحركة الاسماك — متوسط كثافة جسم الانسان أرقى من كثافة الماء فلا يمكن الانسان أن يسبح على سطحه الا بفعل حركات خصوصا وان وزنه متفرق بدون انتظام وان الجزء الاكثر ثقلا هو الرأس الذى يجب بقاؤه خارج الماء ويمكن مع ذلك السباحة مدة من الزمن بجعل الصدر ممتدا كما يكون مدة الشهيق لان ذلك يزيد فى الحجم بدون أن يتغير الوزن وأصحاب الشحم تسبح بسهولة أكثر من غيرهم لان الشحم أخف من الماء وأيضا عظم الجسم يزيغ كمية عظيمة من الماء و بعض الحيوانات يبقى على حالة الموازنة على سطح الماء أو فى باطنه

وذلك كالاسماء وأقل حركة من العوّامات تكفى لصعودها أو انخفاضها و بعض هذه الحيوانات يكون له مثانة سباحة ممتلئة بغاز معدة لتغير مركز الثقل وسهولة الحركات

الوزن النوعى والكثافة

الوزن النوعى لأى جسم هو وزن وحدة حجمه ومن هذا التعريف ينتج ان وزن الجسم النوعى يختلف باختلاف وحدة الاحجام ووحدة الاوزان المستعملين اصيرورة وزن الاجسام النوعى ثابتا ومهما كانت الوحدات المصطلح عليها اعتبر الطبيعيون أن وحدة الاوزان تكون وزن وحدة أحجام الماء المقطر الذى فى درجة أربعة فوق الصفر فاذا اعتبر مثلا السنتيمتر المكعب وحدة للاحجام يعتبر الجرام وحدة للاوزان وهكذا فينتج من ذلك أنه اذا كان الوزن الكلى لجسم و وحجمه ح فكثافته تكون بالمعادلة

$$ك = \frac{و}{ح}$$

وبأخذ الجرام وحدة للوزن وجعل السنتيمتر المكعب وحدة للحجم يسهل الحساب على هذه المعادلة فمثلا اذا كان القصد معرفة وزن الجسم المعلوم حجمه وكثافته أو حجم الجسم المعلوم وزنه وكثافته ففى الاولى $و = ح \times ك$ وفى الثانية $ح = \frac{و}{ك}$ بالسنتيمتر المكعب فاذا فرضنا أن جسما حجمه ٢٥ سنتيمترا مكعبا وكثافته ٤ سنتيمترات مكعبة فوزنه يساوى ٢٥ × ٤ أى يساوى ١٠٠ جرام واذا فرضنا أن جسما وزنه ٢٥٠ جراما وكثافته ٥ جرام فحجمه يساوى $\frac{٢٥٠}{٥}$ أعنى ٥٠ سنتيمترا مكعبا

تنبيه — وحدة الوزن وهو الجرام تعادل وحدة الحجم أى السنتيمتر المكعب من الماء المقطر فيعلم من ذلك ان الرقم ح الذى يدل على حجم الجسم بالسنتيمتر المكعب يكون مثل رقم وَ الذى يدل على وزن الجسم عينه من الماء بالجرام فمعادلة $ك = \frac{و}{ح}$ يمكن كتابتها هكذا

$$ك = \frac{و}{وَ}$$

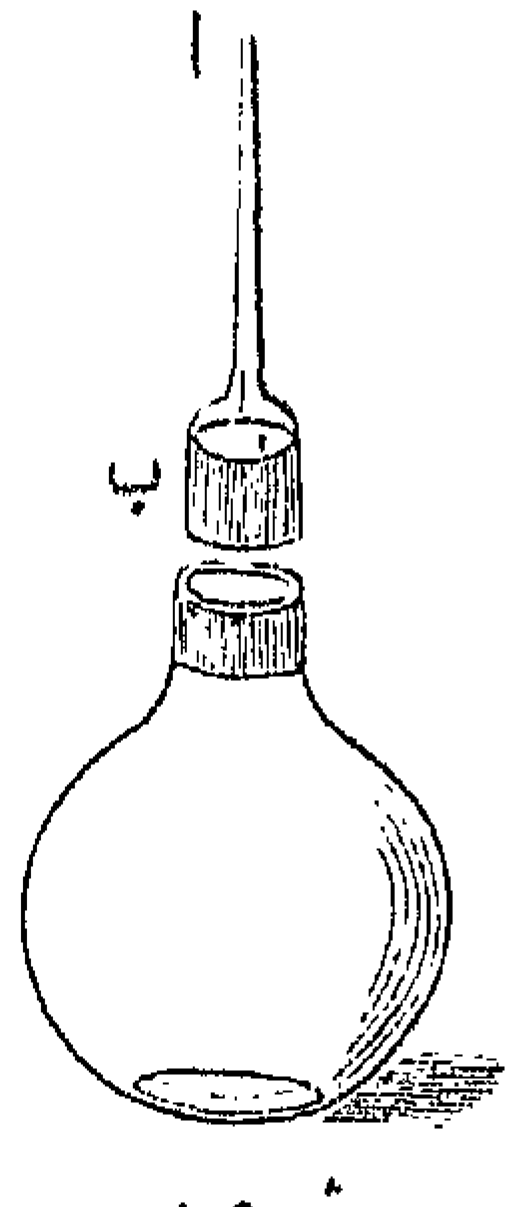
وعلى هذه القاعدة تأسس معرفة الكثافات النسبية أو الوزن النوعى للاجسام فلاجل الجوامد والموائع يؤخذ الماء المقطر لاجل المقارنة بحيث ان الكثافة النسبية أو الوزن النوعى لجسم جامد أو مائع هى النسبة بين وزنه ووزن حجم مساوله من الماء المقطر فكثافة الماء المقطر الذى فى أعلى درجة من كثافته أخذت وحدة

تعيين الوزن النوعي للاجسام الجامدة ـ المستعمل لذلك طريقتان أصليتان

الاولى طريقة الميزان الايدروستاتيكي وهي ان يعلق الجسم في احدى كفتي الميزان بواسطة خيط رفيع جدا ثم يعين وزنه على التعاقب في الهواء وفي الماء المقطر فاذا كان الاوّل و والثاني وَ فالفرق و ــ وَ يدل على وزن الماء المزاغ أي حجم من الماء يساوي حجم الجسم على حسب قاعدة (ارشميد) ومن حيث ان كثافة الاجسام المتساوية الاحجام تكون متناسبة مع أوزانها يلزم أن تكون ثـ $=$ و / (و ــ وَ) وحرف ثـ يدل على الوزن النوعي للجسم فمثلا اذا كان جسم يزن في الهواء ٦٤ جراما وفي الماء ٥٢ جراما وسئل عن وزنه النوعي فالفرق بين الوزنين ١٢ جراما وهذا يدل على وزن حجم من الماء يساوي حجم الجسم فاذا رمزنا للوزن النوعي المقصود ايجاده بحرف س كان

$$\text{س} = \frac{٦٤}{١٢} = ٥٫٣٣$$

والثانية طريقة الاناء وهي ان يؤخذ إناء كما في (شكل ٨٩) سدادته ا ب مصنفرة من جهة ب ومنتهية بانبوبة طرفها الاعلى رفيع وهو ا وهي مفتوحة الطرفين فتى رفع الغطاء وملئ الاناء بالماء المقطر ووضعت عليه السدادة صعد جزء من السائل وخرج من الفتحة العليا ا بشرط ان السعة الباطنة تكون مملوءة ملأً تاما وبعد ذلك يوضع الاناء بعد مسحه في احدى كفتي الميزان وبجواره الجسم المراد معرفة كثافته ثم يوازن بوضع محردق الرصاص في الكفة الاخرى ومتى حصلت الموازنة يرفع الجسم ويعوّض بصنج معلومة فهذا يدل على الوزن و بطريقة الوزن المزدوج ثم ترفع



ش ٨٩

الصنج ويدخل الجسم في الآنية ثم تغلق ثانيا بغاية الاحتراس فمن الواضح ان الجسم يزيغ من الاناء حجما من الماء يساوي حجمه ثم يمسح الاناء ويوضع على كفة الميزان ويوازن بصنج معلومة فتدل الصنج على وزن الماء الذي قذفه الجسم وهو وَ ومن حيث ان الحجمين حجم الجسم وحجم الماء المزاغ متساويان يكون ثـ $=$ و / وَ فمثلا اذا كان الوزن و في الهواء ٢٥ جراما وكان وَ وهو وزن الماء المنقذف من الآنية ١٠ جرام كانت الكثافة أو الوزن النوعي

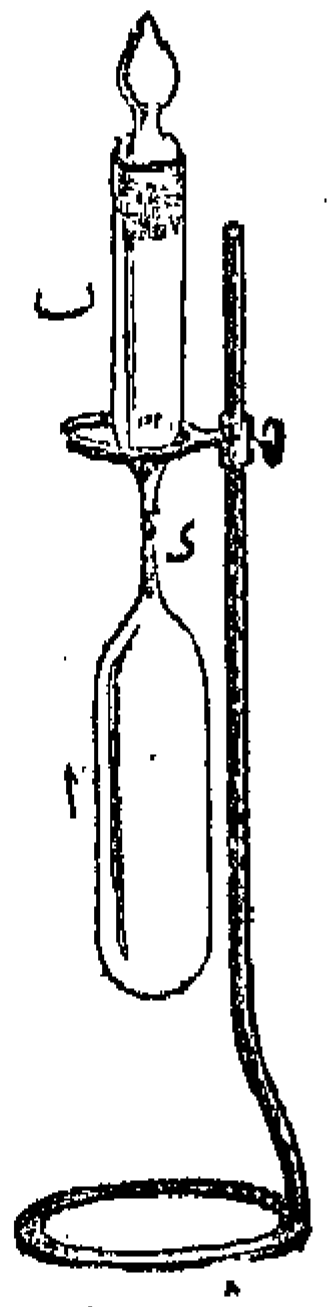
$$\text{س} = \frac{٢٥}{١٠} = ٢٫٥٠$$

تنبيــــه ــ اذا كان الجسم قابلا للذوبان فى الماء فلا بد من فعــل العملية عينها فى سائل آخر كثافته معلومة من السائلات التى يكون فيها الجسم غير قابل للذوبان مثل الكؤل والزيت والايتير ويتحصــل على كثافة الجسم بالنســبة للسائل المســتعمل ويكفى لاجل الحصول على كثافته بالنســبة للماء ضرب هــذا العدد الاول فى كثافة السائل المستعمل واذا كان الجسم سهوقا يلزم الاحتراس بعــد غمره فى الاناء بطرد الهواء الذى يلتصق بالجزيئات التى تكونه ولذلك تستعمل الآلة المفرغة واذا كان الجسم كثــير المسام والقصــد الحصول على كثافته بالنسبة لجمه الظاهر يطلى سطحه بطبقة رقيقة من الشمع لاجل منع تشربه السائل وطريقة الاناء كافيــة فى معرفة كثافة الاجسام الصلبة الاخف من الماء التى لا يمكن الحصول عليهــا بواســطة الميزان الايدروســتاتيكى ويمكن الحصول أيضا على الوزن النوعى للاجسام الصلبة بالطريقة الآتيــة التى استعمالها بســيط جدا وهى ان يؤخذ انبوبة مقسمة الى سنتيمتر مكعب ويصب فيها كميــة من الماء كافيــة لتغطية الجسم المراد معرفة وزنه النوعى ثم يوزن الجسم فى الهواء بغاية الدقة ويعلم فى الانبوبة السطح العلوى لعمود الماء ثم يوضع الجسم الصلب فى قاع الانبوبة فيرتفع ســطح الماء فى الحال مقدارا يعين بالسنتيمتر المكعب وهو حجم الجسم المنغمر ولاجل معرفة وزنه النوعى يقسم وزنه فى الهواء على عدد الســنتيمترات المكعبة من الماء الذى ارتفع زيادة عن الســطح الاصلى فمثلا اذا كان الماء شاغلا فى الانبوبة ٣٠ ســنتيمترا مكعبا وأدخلت قطعــة من الكــبريت وزنهــا ١٨٫٢٧ جراما وارتفــع الماء ٩ ســنتيمتر فبقسمة وزن الكبريت ١٨٫٢٧ جراما على ٩ يكون النــاتج ٢٫٠٣ وهو الوزن النوعى للكبريت

تعيين الوزن النوعى للموائع يتحصل عليه بطريقتين أيضا

الطريقة الاولى بالميزان الايدروســتاتيكى وهى ان يعلق فى احدى الكفتين جسم صلب وليكن فقاعة من زجاج بواسطة خيط رفيــع جدا ثم تفعل الموازنة بواســطة خردق الرصاص أو خلافه ثم تغمر الفقاعة أولا فى السائل المراد معرفة كثافته ثم فى الماء المقطر وتفعل الموازنة فى كل مرة بواســطة أوزان معلومة وهى و و وَ فيتحصــل على وزن الاحجام المتساوية من السائل والماء ويكون الناتج ث = و/وَ فمثلا اذا غمر جسم فى الكــؤل وازاغ ٣٫٩٥ جرام من هذا السائل وبغمر الجسم نفسه فى الماء المقطر ازاغ ٥ جرام وكان القصد معرفة الوزن النوعى للكؤل وهو س كان الناتج س = ٣٫٩٥/٥ = ٠٫٧٩ حيث ان الاحجام متساوية

الطريقة الثانية طريقة الاناء يستعمل لذلك عادة اناء صغير مكوّن كما فى (شكل ٩٠) من مستودع اسطوانى ا من الزجاج يعلوه أنبوبة شعرية منتهية بجزء متسع ب كمع له سـدادة من الزجاج لاجل الاحوال التى يستعمل فيها سائل قابل للتطاير فيوضع هـذا الاناء فارغا جافا جدا فى احدى كفتى المـيزان ثم يوازن باثقال ثم يملأ الى نقطـة ى بالسائل المراد معرفة كثافتـه فالاوزان المعـلومة التى يلزم اضافتها لاجل الموازنة هى الوزن و لهذا السائل ثم تفعل هذه العملية على الماء فيكون المتحصل هو وَ للحجم عينه من الماء ويكون الناتج حينئذ ك = و/وَ



ش ٩٠

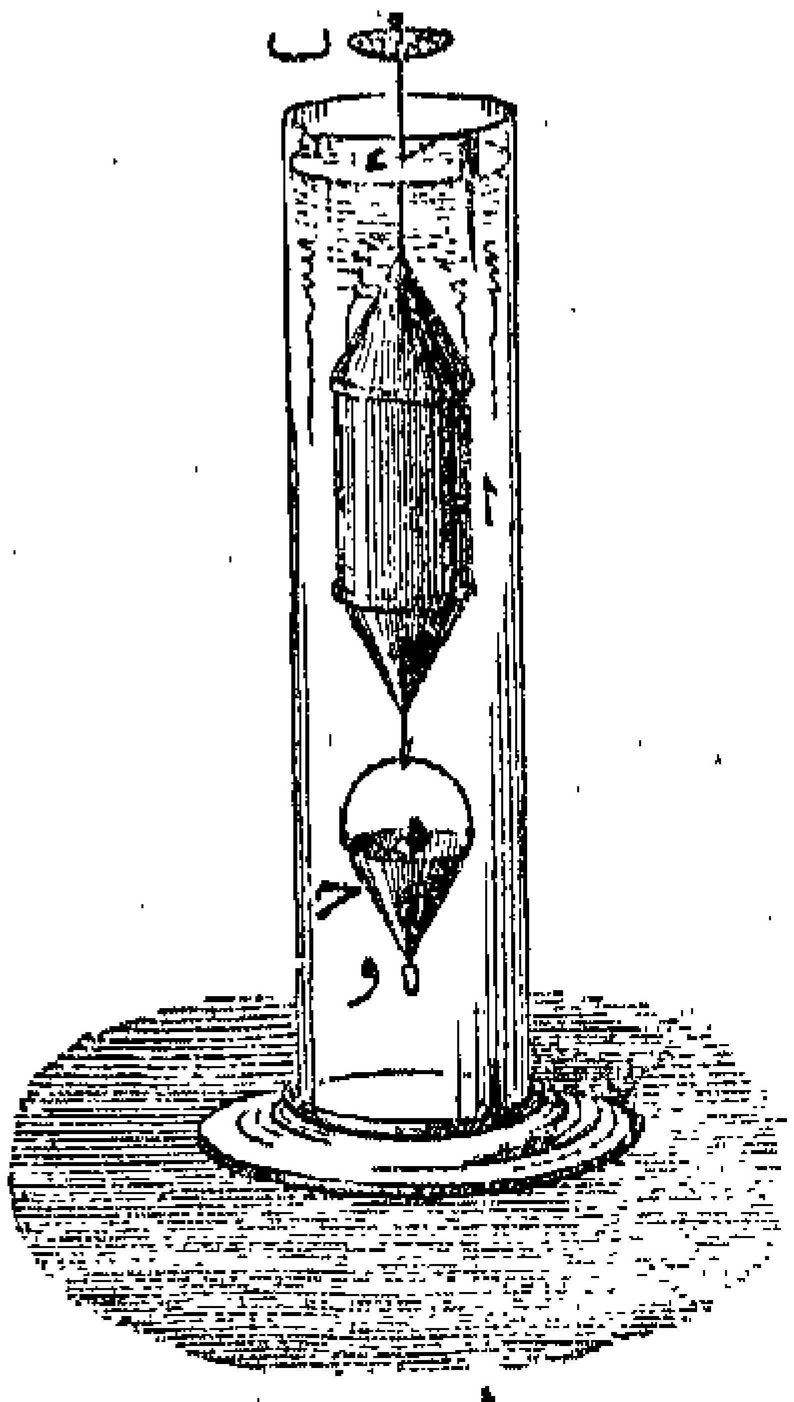
فمثلا اذا كان وزن المائع ٢٨٢ جراما ووزن الماء ٣٢٠ جراما فالوزن النوعى س = ٢٨٢/٣٢٠ = ٠,٨٨١

الاريومــــترات

قد شاهدنا أن كل سابح فى حالة الموازنة يزيح حجما من السائل وزنه مساو لوزن حجمه فمن ذلك ينتج انه كلما كان السائل أقل كثافة كان انغمار الجسم فيــه أكثر وعلى هـذه القاعدة أسست الاريومترات وهى أجهزة سابحة معـدة لمعرفة الاوزان النوعيـة للاجسام الصلبـة أو السائلة ولمعرفة تغير الكثافات التى تحصل فى السائلات من اختلاطها بأجسام أخر وهى الاريومتر ذو الحجم الثابت والوزن المتغير والاريومتر ذو الوزن الثابت والحجم المتغير

أما الاريومتر ذو الحجم الثابت والوزن المتغير فالموجود منـه نوعان اريومتر (نيكولسن) وهو المستعمل لاجل تعيين الوزن النوعى للاجسـام الجامدة واريومتر (فرانهيت) لاجل الموائع

فاريومتر (نيكولسن) هو كما فى (شكل ٩١) مكوّن من اسـطوانة من الحـديد الابيض أو من النحاس مجوّفة ا منتهية من طرفيها بمخروطين على المخروط العلوى ساق فيه علامة ى تسمى نقطة التهفهف وعليه قرص ب معد لقبول الاوزان وفى المخروط السـفلى خطاف يحمل نوع سبت ح معد لقبول الاجسام الصلبة المراد معرفة كثافتها وأسفل منه كرة صغيرة و كصابورة للجهاز موضوعة بطريقة بها يبقى الجهاز راسيا متى غمر فى الماء المقطر لكن لا ينغمر منه



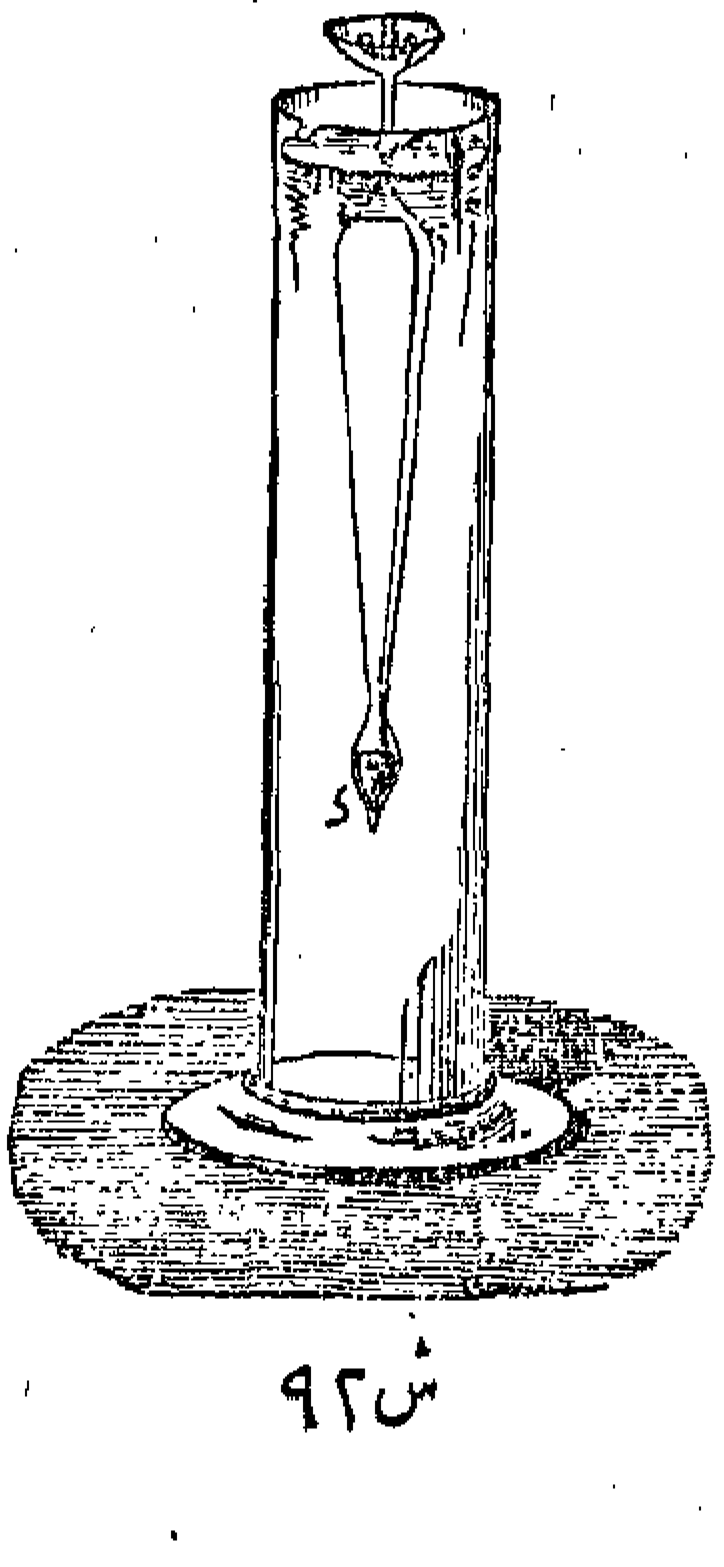
ش ٩١

الاجزء و يلزم عند التجربة غمر الآلة فى الماء الى نقطة التهفهف حتى انها تزيغ عمودا ثابتا من السائل

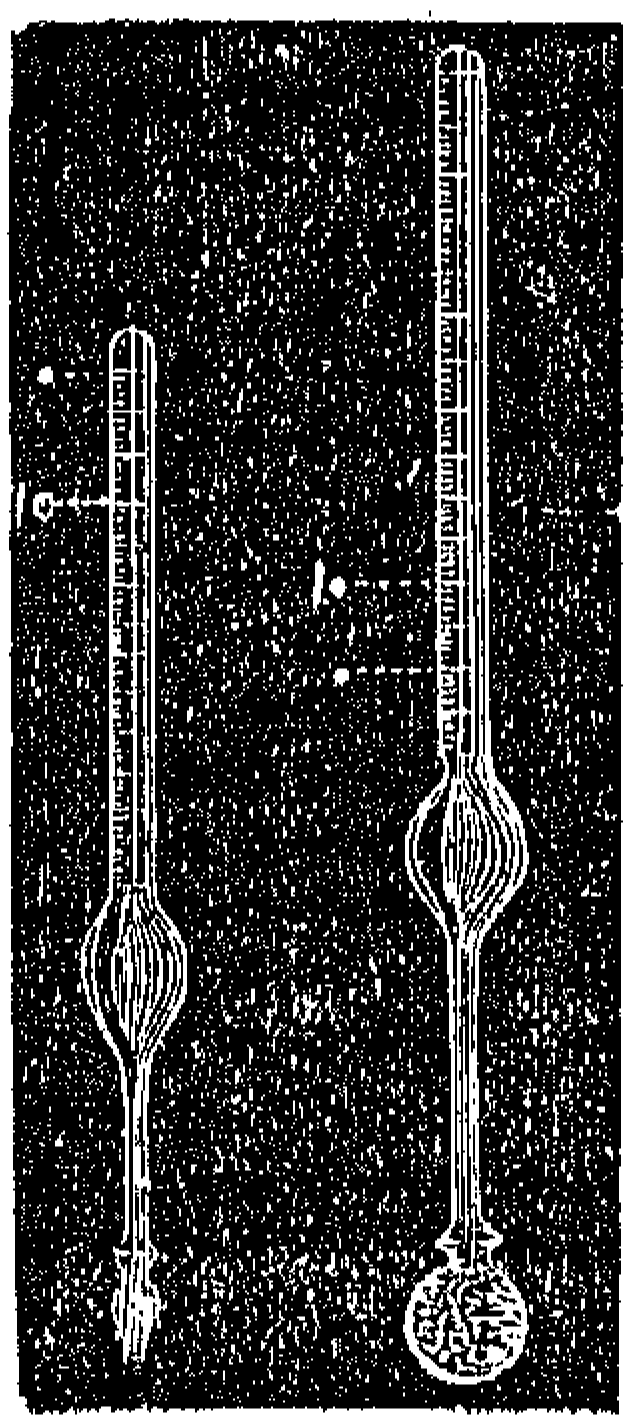
ولاجل استعمال هذا الاريومتر يغمر فى الماء المقطر ثم يوضع الجسم المراد معرفة كثافته على القرص ب ثم يضاف مخردق الرصاص بكمية كافية لاجل الحصول على التهفهف أى لاجل انغمار الآلة الى العلامة ى ثم يرفع الجسم و يعوض باوزان معلومة كافية لاعادة التهفهف فيتحصل حينئذ على الوزن و للجسم بطريقة الوزن المزدوج و بعد ذلك ترفع الاوزان المعلومة ثم يوضع الجسم فى السبت ح فيغمر الجسم فى الماء بكا بد دفعة مساوية لوزن حجم الماء المزاغ فيلزم حينئذ لاجل الحصول على التهفهف وضع أوزان معلومة على القرص ب فهذه الاوزان تدل على الوزن وَ لحجم من الماء مساو لحجم الجسم ويكون الناتج $ك = \frac{و}{وَ}$ فمثلا اذا كان الوزن الذى لزم لاجل حصول التهفهف بعد رفع الجسم عن القرص ٥٠ جراما والوزن الذى لزم بعد وضع الجسم فى السبت لاجل الحصول على التهفهف أيضا ٨ جرام وسئل عن الوزن النوعى س لهذا الجسم فهذان العددان يدل احدهما على وزن الجسم والآخر على وزن حجم الماء المساوى لحجمه ويكون الناتج $س = \frac{٥٠}{٨} = ٦٫٢٥$
وهذا الاريومتر مستعمل فى المينيرالوجيا أى علم المعدنيات بالنسبة لبساطة وسهولة استعماله

واذا كان الجسم المراد تعيين كثافته أخف من الماء كالفلين مثلا يقلب السبت ح ويعلق فى الخطاف و ويوضع الجسم عند غمره فى الماء أسفل منه

وأما اريومتر (فرانهيت) فيستعمل لتعيين كثافة السائلات وهو مكون كما فى (شكل ٩٢) من اسطوانة من الزجاج حتى لا يكون للسائلات الحمضية أو الحوامض تأثير عليه وتنتهى هذه الاسطوانة بفقاعة ى بها زئبق أو مخردق الرصاص ومن أعلى بساق رفيع حامل لجفنة معدة لقبول الاوزان وعلى هذا الساق توجد نقطة التهفهف ولاجل استعمال هذا الاريومتر يلزم أولا معرفة وزنه وليكن ن ثم يغمر على التعاقب فى الماء المقطر وفى السائل المراد معرفة كثافته بوضع أوزان فى الجفنة الى أن يحصل التهفهف فمثلا اذا كان الوزن الذى لزم لاجل الحصول على التهفهف فى الماء وَ والوزن الذى لزم لاجل الحصول على التهفهف فى السائل الآخر و فوزن حجم الماء المزاغ يكون مساويا حينئذ ن + وَ


ش ٩٢

ويكون حجم السائل ن + و وحيث ان هذه الاحجام متساوية فتكون لَ = $\frac{ن + و}{ن + وَ}$ وأيضا اذا كان وزن اريومتر (فرانهيت) ١٠٠ جرام والوزن الذى لزم لاجل حصول التهفهف فى الماء المقطر ٣٠ جراما والوزن الذى لزم لاجل فعل التهفهف فى السائل الآخر ١٢ جراما والقصد معرفة الوزن النوعى لهذا السائل فن المعلوم ان الاجسام السابحة تزيغ حجما من السائل وزنه مساو لحجمها فالعدد ١٠٠ + ٣٠ يدل على وزن حجم الماء الذى أزاغه الاريومتر و ١٠٠ + ١٢ يدل على الحجم المزاغ من السائل المراد معرفة كثافته ومن حيث ان هذين الحجمين متساويان يكون الناتج س = $\frac{١١٢}{١٣٠}$ = ٠,٨٦١


ش ٩٣

وأما الاريومترات ذوات الوزن الثابت والحجم المتغير فهى المستعملة يوميا فى المتجر إما لتعيين كمية الكؤل المحتوى عليها سائل وإما لتعيين درجة تركز حمض أو شراب أو لكمية ملح مذابة فى محلول وجميع هذه الآلات مكونة من اسطوانة مجوفة من الزجاج يعلوها ساق من الزجاج (شكل ٩٣) ومن أسفل مثقلة بصابورة صغيرة محتوية على الزئبق أو مخردق الرصاص وكلما كان السائل أقل كثافة كان انغمار هذه الآلة أكثر ومن السهل جدا تدريج الساق على حسب الكثافة النسبية أو على حسب درجة كثافة السائل أو الحمض أو المحلول الملحى ونحوه وهو الاحسن وأكثر الاريومترات استعمالا هو أريومتر (بوميه) وأريومتر (كارتيه) والاريومتر المئينى وهو أريومتر (غيلوسالث)

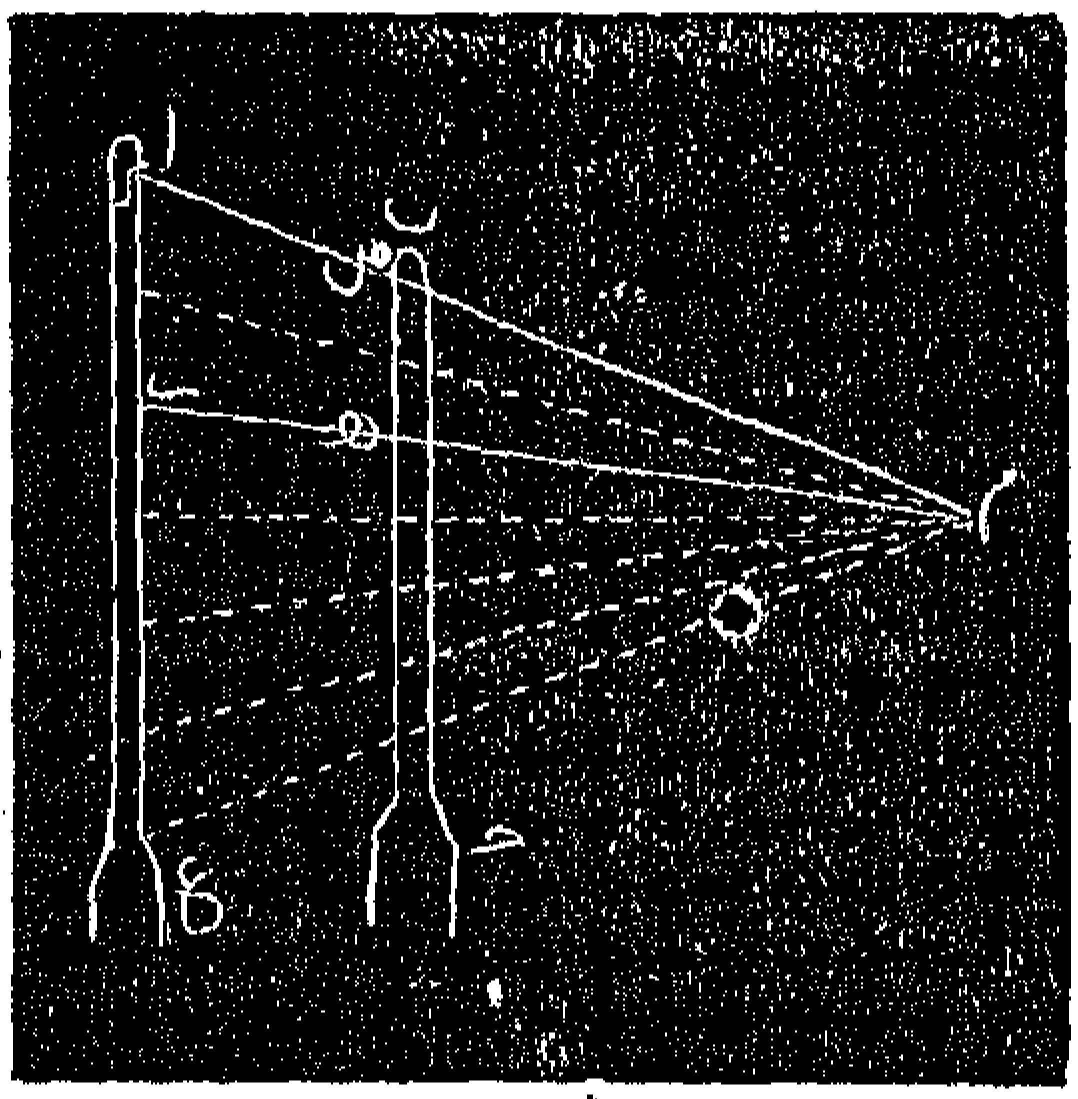
فاريومتر (بوميه) يسمى ميزان الاملاح وميزان الحوامض والارواح أو السوائل على حسب تدريجه فاذا كان المراد استعماله للاملاح أو الحوامض أى السوائل أكثر كثافة من الماء فعلت له صابورة كافية بحيث اذا غمر فى الماء النقى ينغمر الى قمة الساق التى يعلم فيها الصفر ثم يغمر فى محلول من ملح الطعام محتوعلى ٨٥ جزأ من الماء المقطر و ١٥ جزأ من ملح الطعام ثم يعلم فى نقطة التهفهف ١٥ ثم تقسم المسافة بين الصفر و ١٥ الى خمسة عشر جزأ متساوية أو درجات ثم يمد التدريج على طول الساق

واذا كان استعماله للارواح أى السوائل الاقل كثافة من الماء وضعت له صابورة بكيفية بها اذا غمر فى محلول مكون من ٩٠ جزأ من الماء المقطر و ١٠ أجزاء من ملح الطعام انغمر الى ابتداء الساق وهنالك يعلم الصفر ثم يغمر فى الماء المقطر النقى ويعلم ١٠ فى نقطة التهفهف ثم تقسم المسافة الى عشرة أجزاء أو درجات متساوية ثم يتم التقسيم الى انتهاء الانبوبة

وأما اريومتر (كارتيه) فهو اريومتر (بوميه) متنوعا تنوعا خفيفا ولم يوضح المخترع كيفية تدريجه والدرجة العاشرة منه تقابل كثافة الماء على درجة ١٢٫٥ + و ٣٩ تقابل ٢١ من اريومتر (بوميه)

وأما الاريومتر المئينى وهو الكومتر (غيلوساك) فهو معد لمعرفة كمية الكؤل التى يحتوى عليها سائل شرابى وهو مثقل بصابورة بطريقة بها متى غمر فى الكؤل النقى انغمر الى قة الانبوبة التى يعلم فيها ١٠٠ ثم يغمر على التعاقب فى مخلوط صناعى من الماء والكؤل النقى تحتوى المائة جزء بالحجم على ٩٥ و ٩٠ و ٨٥ و ٨٠ جزأ من الكؤل ويعلم ٩٥ و ٩٠ و ٨٥ و ٨٠ فى نقط التوقف المقابلة لذلك وبهذا يتحصل على مائة درجة ما بين الصفر المقابل للماء المقطر وعدد ١٠٠ الذى يدل على الكؤل الصرف فاذا فرضنا ان الالكومتر المغمر فى سائل شرابى يعلم ٥٩ يستنتج من ذلك ان السائل يحتوى على ٥٩ فى المائة من الكؤل لكن هذا التدريج لا يدل على ناتج أكيد الا بدرجة حرارة معلومة فاذا ارتفعت أو انخفضت تغيرت كثافة السائل وحينئذ تنغمر الآلة قليلا أو كثيرا فى سائل واحد كؤلى فيلزم حينئذ لاجل الوقوف على الحقيقة التأمل فى جدول التصحيح (الغيلوساك) المعد لذلك

وقد وضع (غيلوساك) جدولا كجدول الضرب تعلم منه الدرجة الحقيقية للسائل الروحى متى علمت درجته باريومتر (غيلوساك) ودرجة الحرارة التى أخذت عليها هذه الدرجة ووضع مقياس كؤلى معتنى به أمكن معه تدريج غيره من مقياس الكؤل وذلك بمعرفة درجتين من درجات المقياس الثانى ولبيان ذلك نفرض أن ا ع أريومتر (غيلوساك) مضبوط وليكن ١٠٠ و ٧٥ نقطتين معلومتين س هـ (شكل ٩٤) من الاريومتر الثانى ب ح فيرسم على قطعة ورق الطولان أ ع و ب ح بتقاسيمهما ويقام من نقطة د المقابلة لدرجة ١٠٠ فى الاريومتر ا ع خط يمر من نقطة س المقابلة لرقم ١٠٠ فى الاريومتر ب ح وخط آخر مار من نقطة ر المقابلة لدرجة ٧٥ فى الاريومتر ا ع يمر من هـ ثم يقام من بقية نقط الاريومتر ا ع خطوط تمر من الاريومتر ب ح فجميع هذه الخطوط تتلاقى فى نقطة م مثلا وهى نقطة يمر فيها جميع الخطوط المارة فى الاريومترين من درجات واحدة

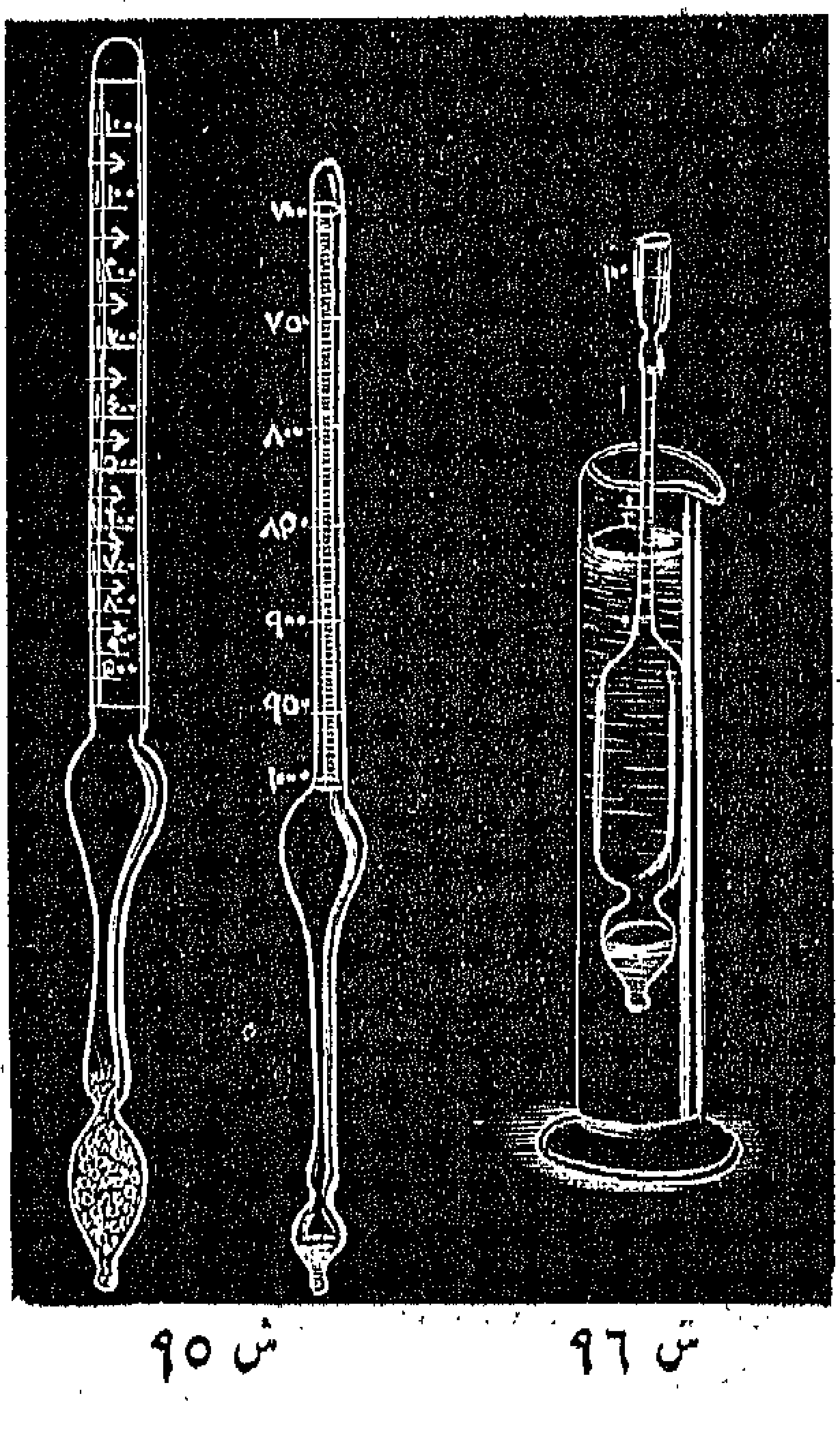


ش ٩٤

ويتحصل باريومتر (غيلوسالك) على الدرجة الروحية للسائل مباشرة ان كان السائل مكوّنا من الماء والكؤل أما اذا كان محتويا على أجسام أخر فيجب فصل جميع الكؤل منه بالتقطير أوّلا ثم يمدّ المتقطر بالماء الى أن يصير حجمه مساويا لحجم السائل قبل التقطير وبعد ذلك تؤخذ درجة روحية بالاريومتر الكؤلى

مقياس الحجوم والكثافات – الاريومترات يمكن أن تدل دلالة أكيدة على ايجاد كثافة بعض السوائل بسهولة من معرفة تقسيم الاريومتر الذي يهم فهف عليه اريومتر (بوميه) المنغمر فى السائل وتفعل آلات تدريجها يدل إما على حجم السائل المزاغ وإما على وزنه النوعى فالاولى تسمى مقاييس الاحجام والثانية مقاييس الكثافة فلاجل الاحجام يعلم ١٠٠ فى نقطة التهفهف فى الماء فكل قسم يعادل ١٠٠ من الاحجام المعينة فاذا حصل التهفهف فى نقطة ٧٥ من أى سائل فذلك يدل على ان ٧٥ جم من هذا السائل تزن قدر ١٠٠ جم من الماء والوزن النوعى يكون حينئذ $\frac{١٠٠}{٧٥}$ = ١٫٣٣

ومقاييس الكثافة مدرجة بالطريقة عينها لكن عوضا عن الحجم يعلم ناتج قسمة ١٠٠ على ٧٥ أى انه عوضا عن ٧٥ يوضع ١٫٣٣ و (شكل ٩٥) يدل على اثنين من مقاييس الكثافة . الاوّل للسوائل الاكثر كثافة من الماء . والثانى للسوائل الاقل كثافة منه فتدل الكثافات على أجزاء من ١٠٠٠ لكن أحد الاريومترين يدل من ١ الى ٢ والآخر من ٠٫٧ الى ١



ش ٩٥ ش ٩٦

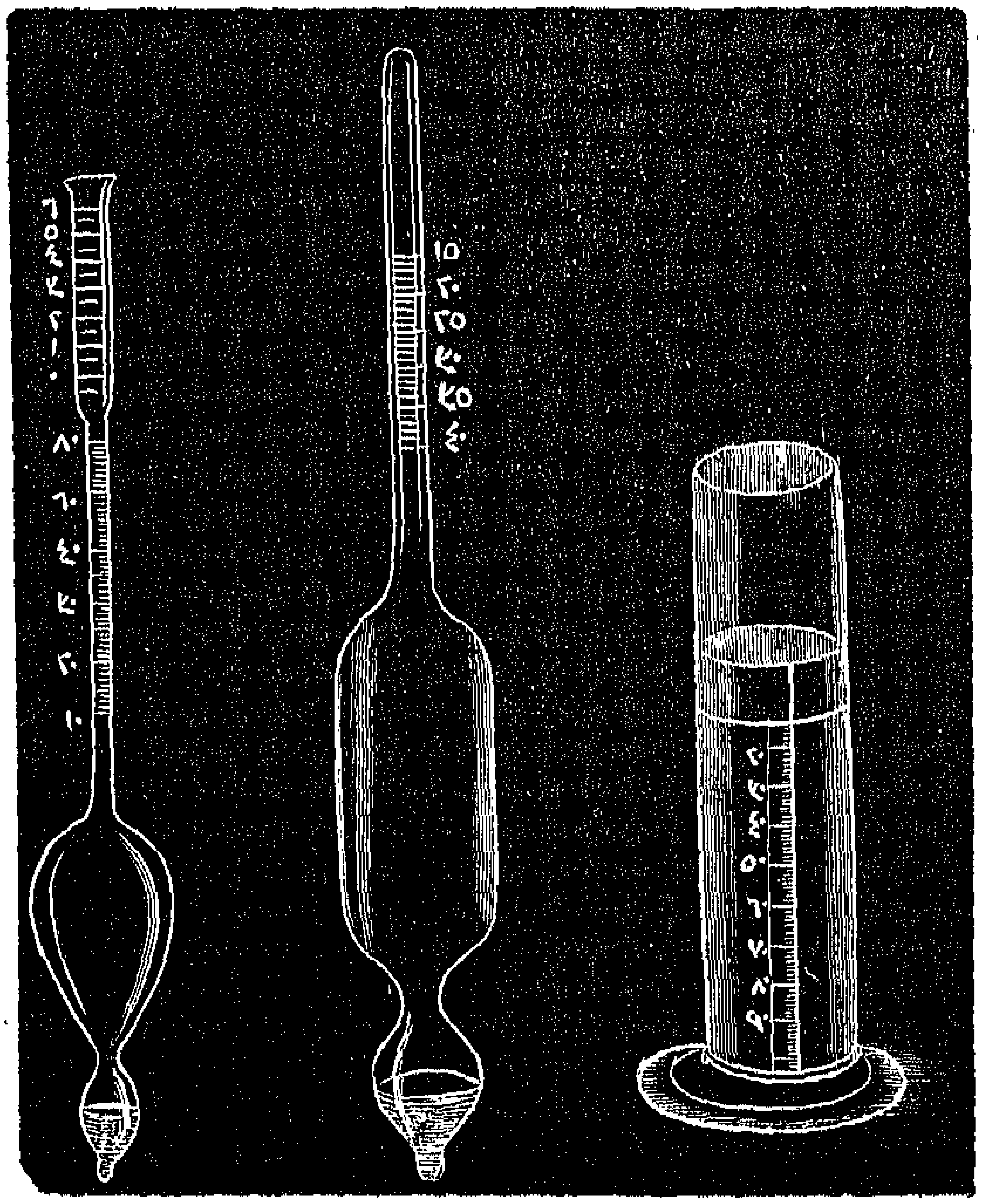
مقياس الكثافة المنسوب الى (رسو) هذا المقياس كما فى (شكل ٩٦) يمكن استعماله لايجاد الوزن النوعى بسهولة لكمية قليلة من سائل فيكفى قدر سنتيمتر مكعب ١ وساقه عليه أقسام تدل على أحجام متساوية وينتهى بقمع صغير معد لوضع السائل المراد معرفة كثافته وهو مدرج على حسب كونه ينغمر فى الماء الى درجة ١٠٠ اذا احتوى القمع على سنتيمتر مكعب من نفس السائل فاذا فرضنا أن كل سنتيجرام وضع فى القمع

أو أخذ منه يحدث انغمار أو ارتفاع الآلة درجة وبعبارة أخرى ان كل قسم يقابل سنتيجرام ووضع فى القمع سنتيمتر مكعب من سائل آخر خلاف الماء وانغمرت الآلة الى درجة ١٣٣ فحجم هذا السائل يزن ١٫٣٣ جرام ووزنه النوعى يكون ١٫٣٣

مقياس الكثافة المنسوب الى (پاكيه) هذا المقياس كافى (شكل ٩٧) شكله يشبه المتقدم لكن القمع مقسم الى أقسام متساوية السعة ويمكنه تعيين الوزن النوعى لسائل بالطريقة عينها ويمكن استعماله زيادة على ذلك للجوامد فاذا فرضنا ان الاريومتر حامل سنتيمتر مكعب من الماء وهفهف فى نقطة ١٠٠ ثم وضع فى القمع قطعة صغيرة من جسم صلب يعلم حجمها من تغير سطح السائل فيتحصل على وزن هذه القطعة بتغير نقطة التهفهف فاذا كان التغير ٥٥ درجة كان الوزن ٥٥ سنتيجراما

مقياس اللبن (لاكتومتر) تستعمل اريومترات لمعرفة الكثافة الطبيعية لبعض السوائل كالبول واللبن ونحوها وتعين ما احتوت عليه تلك السوائل من الماء بوجه التقريب

مقياس كثافة اللبن (لاكتودنسيمتر كيفن) هو كافى (شكل ٩٨) اريومتر يحمل نوعين من الدرج أحدهما لاجل اللبن المنزوع القشطه والثانى لغير منزوعها ويلزم قبل استعماله



ش ٩٨ ش ٩٧

فعـل تجربة أولى إما بمقياس الاجسام الدسمة مباشرة أو بواسـطة مقيـاس القشطة وهو (اللاكتو بوتيرومتر) وصورته فى (شكل ٩٨) مكون من مخبار مقسم الى سـنتيمترات ويملئـه باللبن وتركه للهدو ومدة من ١٢ الى ١٥ ساعة يشاهد صعود القشطة على السطح ومقدارها الطبيعي من ١٠ الى ١٦ سنتيمتر ومقياس اللبن يدل بعد ذلك على زيادة وزن اللتر من اللبن عن اللتر من الماء

فاذا دل على ٣٠ كان ذلك دليـلا على أن اللتر من اللبن يزن ١٠٣٠ جراما والدلالات المأخوذة من مقاييس اللبن ليست أكيـدة لانه مع نزع القشطة من اللبن واضافة الماء يمكن حفظ كثافته الطبيعية

(جدول الاوزان النوعيـة للسوائل المهـمة)

ماء		١٫٠٠٠
دم		١٫٠٥٥٠
مصل الدم		١٫٠٢٧٠
السائل المخى الشوكى		١٫٠١٠٠
اللعاب		١٫٠٠٦٠
الصفراء		١٫١٢٦٠
الرطوبة المائية للعين		١٫٠٠٥٣
البول		١٫٠٢٥٠
اللبن	المرأة	١٫٠٢٣٠
	البقرة	١٫٠٣٢٤
	الاتان	١٫٠٣٥٥
	ماعز	١٫٠٣٤٠
	فرس	٠٫٠٣٤٦
	نعاج	١٫٠٤٠٩

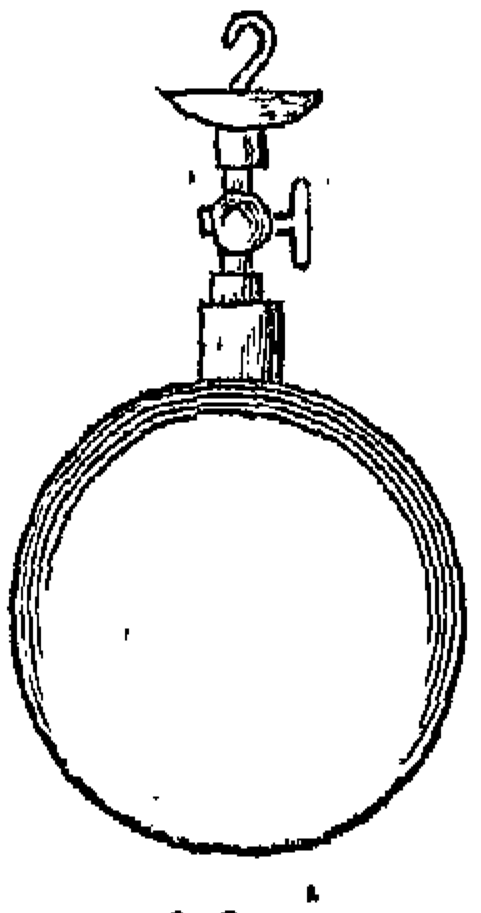
(جوامـــــــد)

عضلات	١٫٠٦
أوتار	١٫١٢٥
أعصاب	١٫٠٤٠
مخ	١٫٠٣٠
شرايين	١٫٠٧٠
أربطة	١٫٠٤٥
عظام	١٫٩٧٥

موازنة الغازات

خواص الغازات — قد شاهدنا فيما تقدم ان الغازات لها خواص تقرب من التى للسائلات وتميز عنها بقابليتها للانتشار وملئها المسافات التى تعطى لها وتميل دائما لان تشغل أكبر منها وبحسب هذه الخاصية تحدث الغازات ضغطا على جدران الاوانى الحاوية لها وعلى الاجسام التى تلامسها وهذا الضغط يسمى قوتها المرنة فينتج من ذلك ان شروط موازنة الغازات كالسائلات ماعدى التنوعات الناشئة عن انتشارها وقوتها المرنة

كثافة الغازات — الجو طبقة من الهواء محيط بالكرة الارضية كالغلاف لها وهو مركب على حسب تحاليل المعلم (دوماس) و (بوسنجولت) من اوكسيجين وازوت فى التناسب ٢٠٫٨ من الاوكسيجين و ٧٩٫٢ من الازوت ويحتوى أيضا على كمية مختلفة من بخار الماء ومن ٤ الى ٦ من حمض الكربونيك فى عشرة آلاف حجم وبمشاهدته على هيئة كتلة أعنى من خلال جميع سمك الطبقة الجوية يرى لونه مائلا الى الزرقة ويعطى السماء لونا أزرق لازورديا يشاهد نهارا ولم يعلم لنا حقيقة ثخن الطبقة الجوية لكن قدرها بعضهم ٦٠ كيلومترا أو ٧٠ وبعضهم اعتبر أنها تصل الى نحو ٣٤٠ كيلومترا ارتكانا على اعتبارات لا يمكن الخوض فيها هنا فهذا الفرق العظيم بين هذين الاعتبارين دليل على عدم وقوفنا على حقيقته والهواء كباقى الاجسام الطبيعية متأثر بتأثير الثقل ويشاهد ذلك بوزن قبابة فارغة من الزجاج ثم وزنها مملوءة بالهواء (شكل ٩٩) فبهذه الطريقة يشاهد أن لترا من الهواء النقى فى درجة الصفر وتحت الضغط المعتاد يزن ١٫٢٩٣ أو ١٫٣ جرام تقريبا

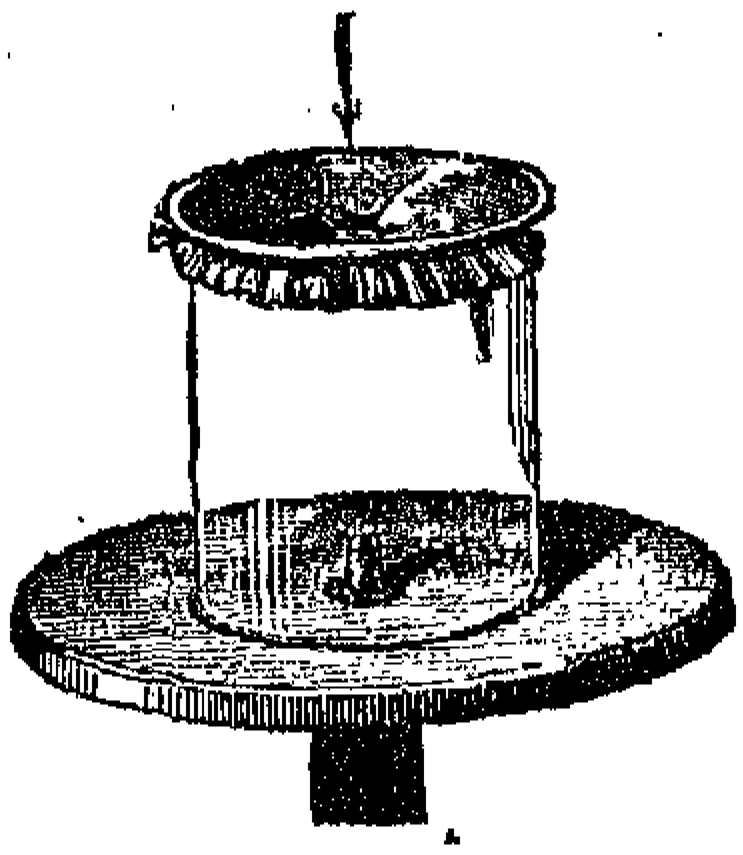


ش ٩٩

الضغط الجوى — هو نتيجة ثقل الهواء وليس هو الا وزن الطبقة الهوائية المكونة للجو وقد شاهدنا فيما تقدم ان الغازات بالنسبة لعظم حركات جزيئاتها تكون منقادة لقوانين الايدروستاتيك كالسائلات ويمكن معاينة الضغط الجوى بواسطة ثاقب المثانة ونصفى كرة مجدى بورج

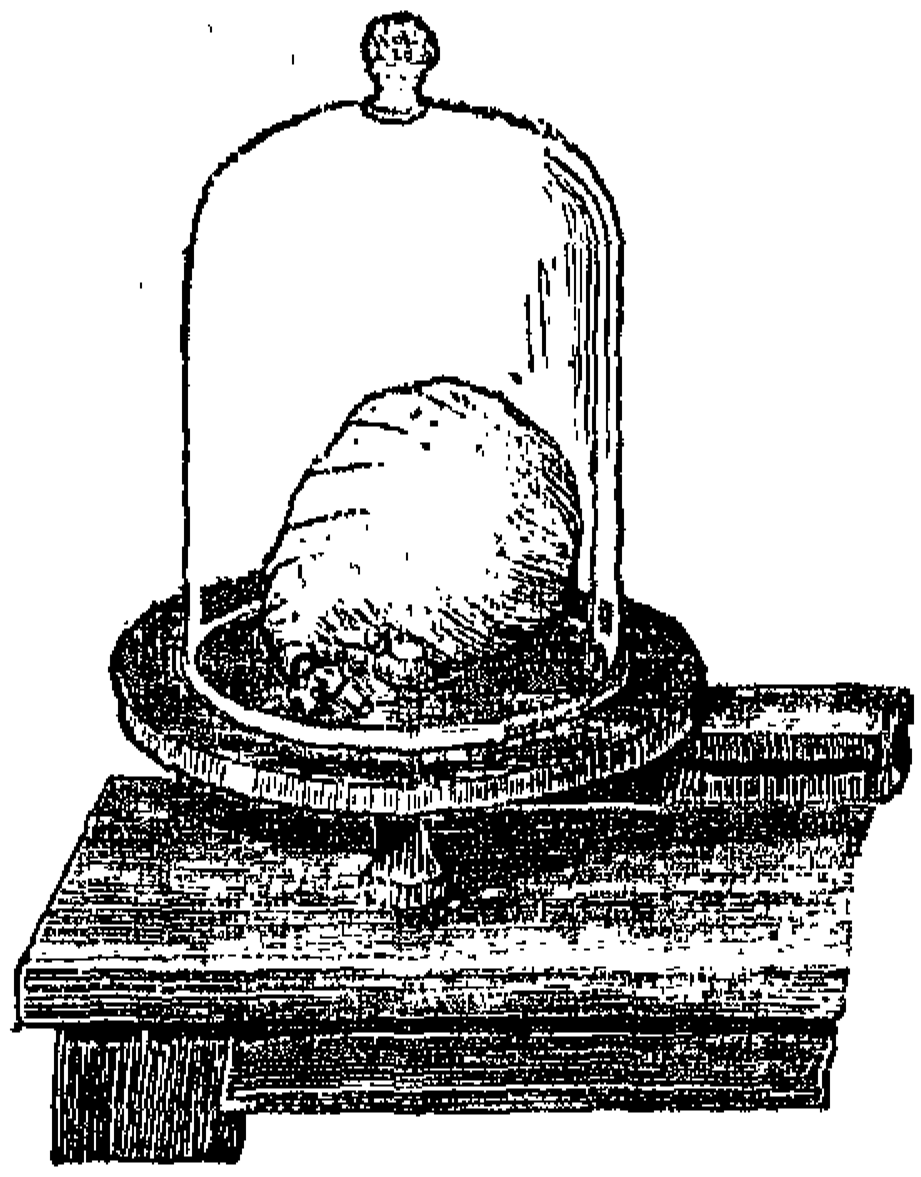
أما ثاقب المثانة فهو أن يوضع على قرص الآلة المفرغة إناء من زجاج مفتوح الطرفين (شكل ١٠٠) طرفه الاعلى مسدود سدا محكما بقطعة من مثانة فتى حصل الفراغ شوهد فى الحال ان المثانة تنضغط بقوة من تأثير الضغط الجوى الذى تحمله فان فقدت قوة مقاومتها

تمزقت مع فرقعة شــديدة ناتجة من دخول الهواء فجأة فى الاناء وهذه التجربة يمكن فعلها بالعكس بتجربة تنسب الى (اوتو) من (جيريك) تدل على قابلية الغازات للانتشار كما فى (شكل ١٠١) وهى ان توضع مثانة محتوية على الهواء أو أى غاز كان ذات حنفية تحت ناقوس الآلة المفرغة فتى حصــل الفراغ فى هــذا الناقوس شوهد فى الحال أن المثانة تنتفخ شيأ فشيأ كلما نقص تأثير ضغط هواء الناقوس عليها الذى كان مساويا ابتداء للضــغط الجوّى



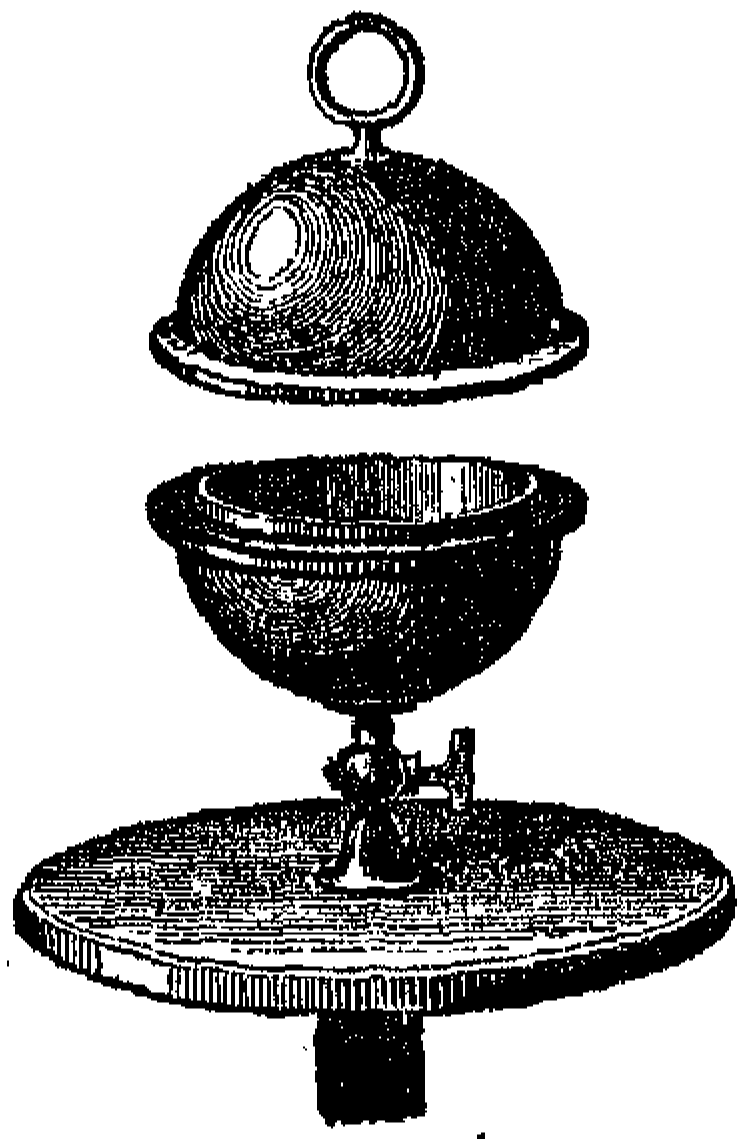
ش ١٠٠

وبادخال الهواء فى الناقوس ثانيا تهبط وتعود الى شكلها الاصلى واذا عوّضت المثانة بفقاعة صغيرة من الزجاج ذات جدار رقيق ومملوءة بالهواء أو بأى غاز كان فانها تؤول الى الكسر وهذه التجربة توضح ما يسمى قوة مرونة الغازات وتلك القوّة هى السبب فى ان كل ضــغط أثر على أى نقطة من كتلة غازية فانه ينتشر و ينتقل فى جميع الاتجاهات بشــدة واحدة كما يثبت ذلك بعض تجارب عامية مثــل حركة الدوران التى يحدثها بعض القطع الصناعية من نفسها كارتفاع الصواريخ ورجوع الاسلحة النارية وكسرها وهــذه الظواهر تشاهد بتلك الاســباب فى العربة والبارم المائى



ش ١٠١

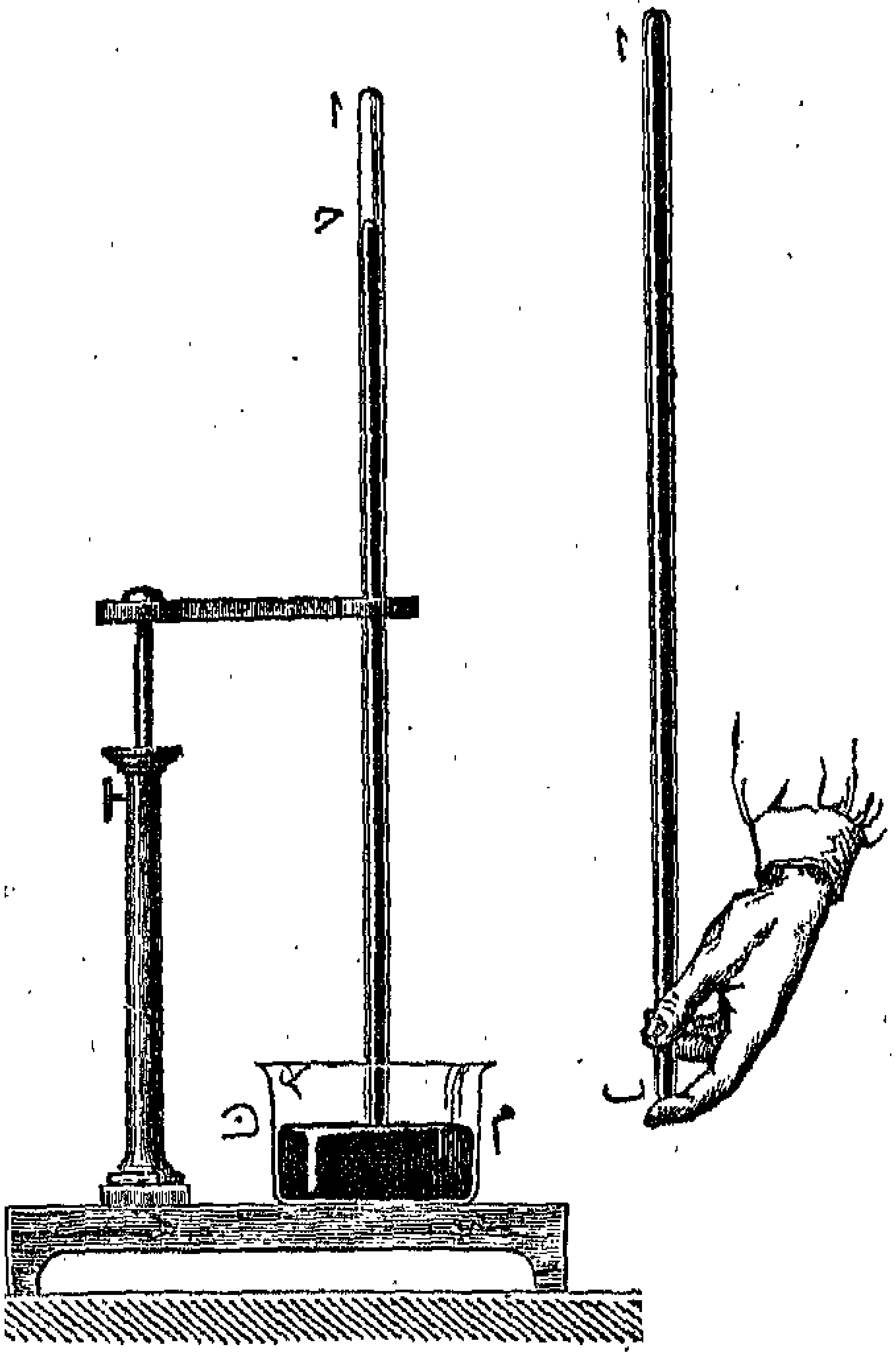
وأما نصفا كرة مجدى بورج فهما عبارة عن جهاز مكوّن كما فى (شكل ١٠٢) من نصفى كرة مجوّفة قطرهما من ١٢ الى ١٥ سنتيمترا يمكن انطباق أحدهما على الآخر بحافتيهما انطباقا تاما بحيث يحفظان الفراغ أحدهما فيه حنفيــة يمكن قلاوزتها على الآلة المفرغة والآخر ينتهى بحلقة فمادام النصفان منطبقين على بعضهما ومحتويين على الهواء يمكن فصلهما بسهولة وأما اذا فعل فيهما الفراغ فيلزم لاجل فصلهما قوّة عظيمة فى أى اتجاه يفعل فيه الجذب فهذا يدل كما قلنا على أن الضغط الجوّى يؤثر فى جميع الاتجاهات بقوّة متساوية



ش ١٠٢

تجربة (تورسللى) — أول من حقق وجود الضغط الجوى هو (تورسللى) فملأ من الزئبق أنبوبة من الزجاج أ ب مسدودا أحد طرفيها طولها نحو متر تقريبا ثم سد طرفها الآخر ب بالاصبع ونكسها فى اناء ممتلئ بالزئبق أيضا م ن فشوهد انخفاض الزئبق مقدارا قليلا وبقى فى ارتفاع قدره ٧٦ سنتيمترا تقريبا أعلى من سطحه الظاهر فى الاناء كما فى (شكل ١٠٣) ومن المعلوم ان السائل الذى فى حالة الموازنة جميع نقطه الموجودة فى سطح مستو واحد تحمل ضغطا واحدا فاذا اعتبرنا السطح م ن فان النقط الموجودة فى باطن الانبوبة تحمل وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سنتيمترا والخارجة عن الانبوبة متأثرة بالضغط الجوى فالضغط الواقع من الجو على أى سطح كان يساوى حينئذ وزن عمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا قاعدته هذا السطح فلاجل ١ سنتيمتر مربع تكون قيمة الضغط مساوية ٧٦ سنتيمترا مكعبا من الزئبق أى ٧٦ × ١٣,٥٩ = ١٠٣٣ جرام ولاجل سطح س سنتيمتر مربع يكون

٧٦ × س × ١٣,٥٩ = ١٠٣٣ × س جرام

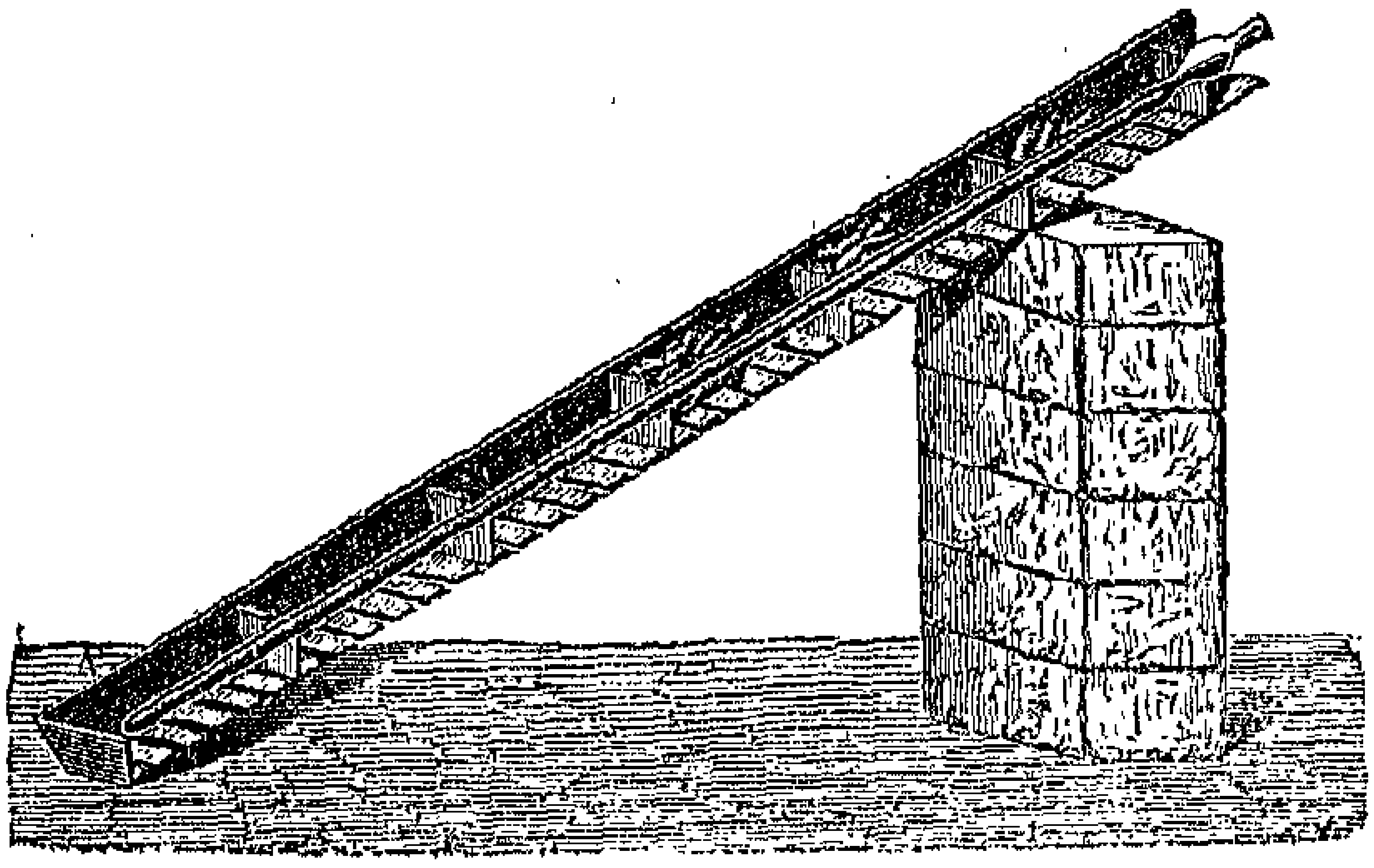


ش ١٠٣

فتجربة (تورسللى) تدل حينئذ على الضغط الجوّى وتسمح بتعيين قيمته وقد أعاد (بسكال) تجربة (تورسللى) باستعمال سوائل مختلفة وأكد أن ارتفاع السوائل فى الانابيب يكون مناسبا بالعكس كثافتها أى ان وزن السائل الذى يبقى فى الانبوبة يكون واحدا مهما كان السائل المستعمل وقد شاهد أيضا ارتفاع الزئبق فى أنبوبة (تورسللى) ينخفض بالارتفاع فى الجوّ فهذه النتيجة تثبت ما قاله (تورسللى) وتدل بطريقة أكيدة على ان ارتفاع الزئبق فى الانبوبة ناشئ عن الضغط الجوّى

البـارومترات

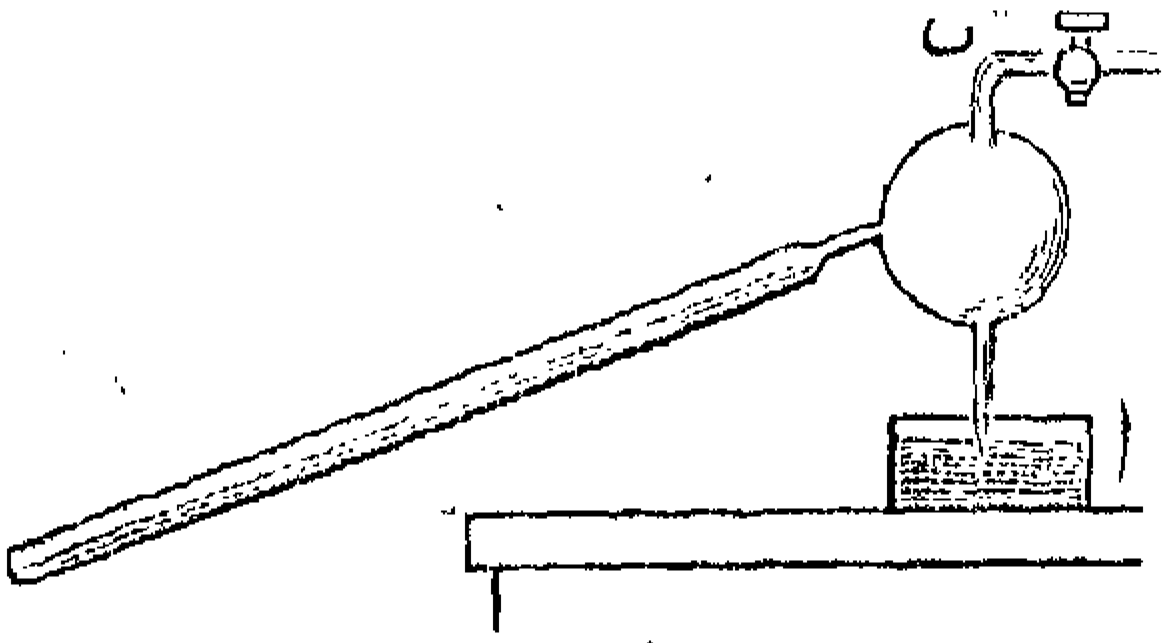
تركيب البارومتر — الضغط الجوّى قابل للتغير فى كل وقت ولذلك فعل البارومتر المعد لقياس الضغط الجوّى ولتكرار تجربة (تورسللى) حسب الارادة مع الدقة ومن الضرورى أخذ الاحتراس فى عمل البارومتر بأن لا يبقى فى الانبوبة البارومترية أثر من الهواء أو الرطوبة ويلزم غسل الانبوبة بحمض ثم بالكؤل ثم الايثير وأخيرا بالماء المقطر ثم تجفف وكذلك يلزم أن يكون الزئبق نقيا وبعد ملء الانبوبة توضع على مصبع منحدر نحو ٣٠ درجة تقريبا (شكل ١٠٤) ثم يغلى الزئبق شيأ فشيأ مبتدأ بالطرف المسدود الموجود الى أسفل ثم يترك للتبريد ثم تنكس الانبوبة بعد سدها بالاصبع فى إناء مملوء بالزئبق يسمى الطشت ويتأكد من طرد الفقاعات الهوائية والرطوبة منها بامالتها قليلا بعد تنكيسها الى أن يصل الزئبق الى قمتها فيجب أن يملأ الزئبق الخزانة البارومترية ملئا تاما ويولد سوطا عند ملامسته القمة



ش ١٠٤

والمختار الآن عدم غليان الزئبق لانه يمكن أن يتأكسد أثناء هذه العملية فيلحم فى طرف الانبوبة المفتوح كرة لها طرف رفيع مدبب مسدود يغمر فى الزئبق ا (شكل ١٠٥) وفيها

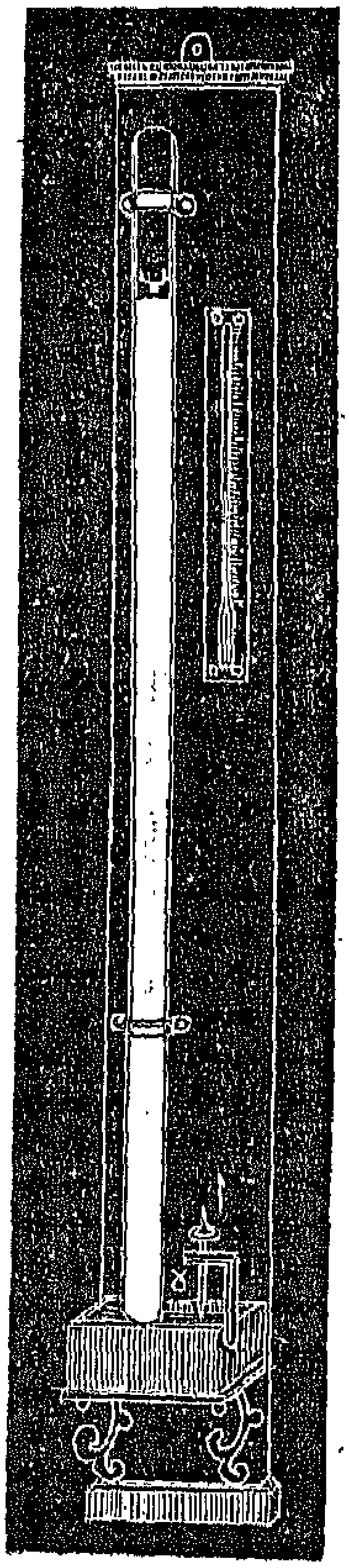
أنبوبة أخرى ب لها حنفية ثم يفعل الفراغ مرارا ويدخل مقدار من الايدروجين الجاف بعد كل عملية ويمكن أيضا تسخين الانبوبة لاجل سهولة طرد الرطوبة ثم يفعل الفراغ وتسد الحنفية ويكسر الطرف ا فتملئ الانبوبة بالتدريج ويطرد الايدروجين الى الجزء العلوى من الكرة ثم تقطع الانبوبة من الطرف الدقيق ثم تنكس فى الطشت



ش ١٠٥

البارومتر المعتاد — اذا كان عمل البارومتر يفعل دائما بطريقة واحدة مع اعطاء الانبوبة أوضاعا مختلفة بحسب العمل المقصود وابقائها فى موضع ثابت يكون أعظم وأعظم شكل هو المرسوم فى (شكل ١٠٦) الذى فيه تكون الانبوبة متسعة حتى ان سطح الزئبق فى نقطة ب يكون مستويا وذلك لعدم الاحتياج الى التصليح الضرورى الذى ينتج من الخاصية الشعرية التى تشاهد فى الانابيب الضيقة وكذلك الطشت يكون متسعا ومن الحديد الظهر وحيث ان تغيرات الارتفاعات البارومترية تحدث كذلك تغير سطح الزئبق فى الطشت فيوجد فى أحد جوانبه قطعة منحنية على هيئة زاوية قائمة يمر فيها مسمار بومه أه ينتهى كل طرف من طرفيه بقطعة مدببة من العاج وطول هذا المسمار من الطرف المدبب الى الآخر ثابت يعلم بقياسه مرة واحدة

ولقياس ارتفاع الزئبق فى هذا الجهاز يبدأ بتحريك المسمار الى أن تصير قمته السفلى ملامسة لسطح الزئبق وهذا يكون متى رأى الصانع أن الطرف السفلى للمسمار فى ملامسة صورته المنعكسة فى الزئبق وبعد ذلك يقاس الارتفاع بين الطرف العلوى ا للمسمار وقمة العمود الزئبقى ب فى الانبوبة بواسطة (كاتيتومتر) ويضاف اليه طول المسمار فيكون المجموع هو طول العمود الزئبقى من سطح الزئبق فى الطشت الى قمة الزئبق فى الانبوبة

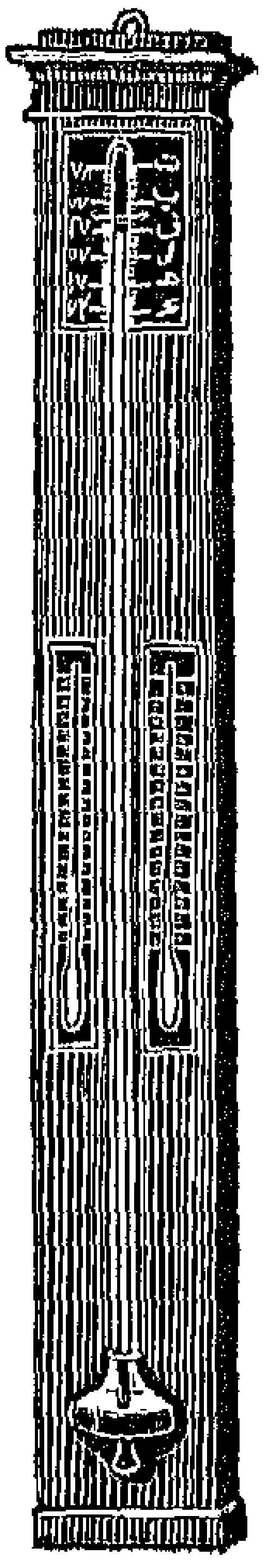


ش ١٠٦

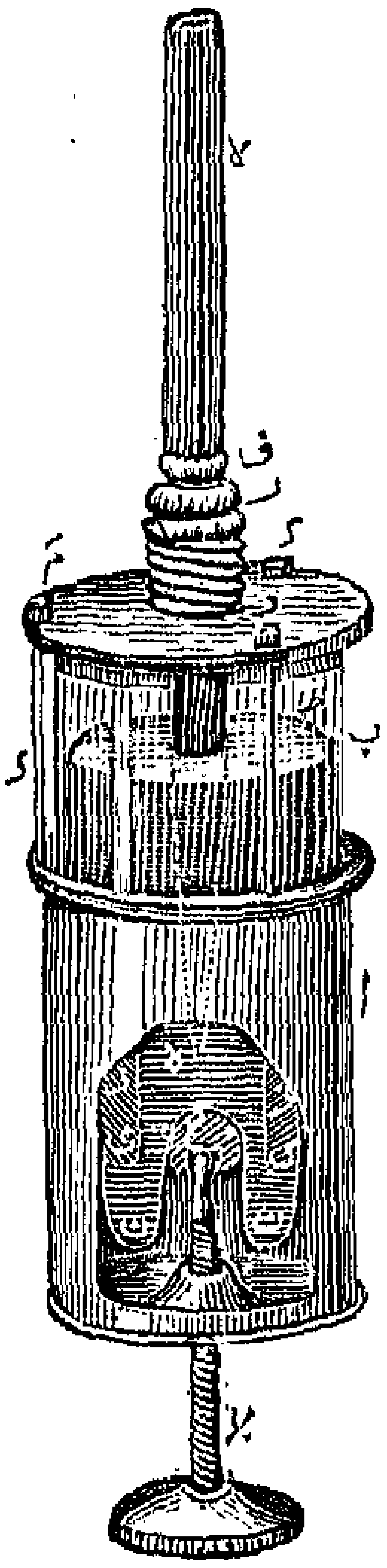
البارومتر ذو الطشت — متى أريد عدم أخذ الاحتياطات التى ذكرناها يستعمل طشت متسع كاف (شكل ١٠٧) فسطح الزئبق فيه يكون غير قابل للتغير كثيرا لكنه يكون

محدّبا فى الخزانة البارومترية نظرا لصغر قطر الانبوبة وهذا الشكل محتاج لتصليح يكون فى الغالب مهملا ولذلك يكون غير دقيق

بارومتر (فورتن) — هذه الآلة لها فائدتان أوّلا تكون سهلة الحمل ثانيا درجاتها مضبوطة ولهذا الغرض يكون الطشت خفيفا قاعدته متحركة مكوّنة من جلد الاروى وبذلك يأتى جعل سطح الزئبق فى الطشت مقابلا لصفر التدريج وهذا الطشت مكوّن كما فى (شكل ١٠٨) من اسطوانة من البقس يعلوها اسطوانة من زجاج ب قطرها ٤ سنتيمتر تقريبا وارتفاعها ٣ وجزؤها العلوى مغلق بقرص من خشب يعلوه غطاء من نحاس مَ ومن وسط هذا القرص والغطاء تمر الانبوبة البارومترية ه ه وطرفها المنغمر فى زئبق الطشت مسحوب والانبوبة والطشت منضم بعضهما الى بعض بجلد الاروى ف ر بواسطة رباطين شديدين أحدهما فى ف مثبت فى اختناق الانبوبة والآخر فى و مثبت فى أنبوبة من نحاس مثبتة فى مركز الغطاء وهذا الارتباط كاف فى منع خروج الزئبق من الطشت عند انقلاب وضع البارومتر ولا يمنع ضغط الهواء الجوى عن الزئبق فان هذا يحصل من خلال مسام جلد الاروى على زئبق الطشت



ش ١٠٧



ش ١٠٨

والجزء السفلى من الاسطوانة ب يلتصق بالاسطوانة الخشب ز ز وعلى حافة هذه الاخيرة فى ى ى يثبت جلد الاروى ن ن المكوّن لقعر الطشت وفى مركز هذا الجلد زر من الخشب ح يرتكز عليه مسمار برمة حـ وهو الذى بادارته اليمين أو اليسار ينخفض أو يرتفع الزر ح ومعه الجلد ن ن فيرتفع أو ينخفض الزئبق فاذا أريد عمل مشاهدة أدير المسمار الى أن يصير سطح الزئبق مماسا لجسم مدبب من العاج حَ مثبت فى قعر الغطاء ويعرف تماس سطح الزئبق مع هذا المسمار حين يكون الجزء المدبب مماسا للجزء المدبب من صورته المنعكسة على سطح الزئبق وجميع الجزء السفلى من الطشت فى غمد من النحاس ا وهذا الغمد مرتبط بغطاء الطشت بثلاثة مسامير د د و

أما الانبوبة البارومترية فمحفوظة فى عمد من نحاس لوقايتها وهو كما فى (شكل ١٠٩) مشقوق من جزئه العلوى وبه كوتان مستطيلتان متقابلتان منهما يرى الزئبق فى الانبوبة وعلى هذا العمد مسطرة مدرجة بالمليمترات صفرها يقابل الجزء المدبب من الجسم العاجى و ويتحرك على العمد بواسطة مسمار حلقة معدنية هى (فرنييه) منها يؤخذ ارتفاع الزئبق فى الانبوبة بحيث ان هذا الارتفاع لا يختلف عن الحقيقة بأكثر من عشرة مليمترات بأن تجعل الحافة السفلى لهذه الحلقة مماسة لسطح الزئبق وتكون دلالة هذا البارومتر صحيحة يلزم أن تكون الانبوبة موضوعة وضعا رأسيا فان كانت مائلة كان الارتفاع البارومترى أكثر من الارتفاع الحقيقى ولنقل هذا الجهاز من مكان الى آخر يرفع جلد الاروى بواسطة مسمار البرمة الى أن يملأ الزئبق الانبوبة والطشت واذذاك يمكن نقله وقلبه من غير أن يخشى دخول الهواء فيه

ولاجل استعماله يثبت على حامل ذى ثلاث أرجل بطريقة (كاردن) التى بواسطتها يمكن الانبوبة أخذ جميع الاوضاع بحيث انها تبقى دائما رأسية مهما كان ميل الارض وفى المعمل يكفى تعليق البارومتر فى خطاف كما هو مشاهد فى (شكل ١١٠) ويوجد مرآة صغيرة متحركة ث توضع خلف سطح قة الزئبق لاجل سهولة المشاهدة ويوجد حلقة من النحاس الاصفر تحيط بالطشت وتمنعه من الاهتزاز اذا أريد نقل اللوح

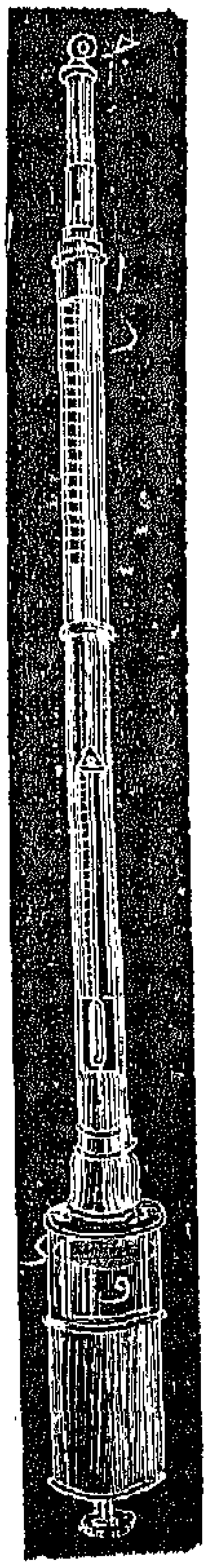
البارومتر ذو المص — هذا البارومتر يتركب من أنبوبة منحنية الى فرعين متوازيين قطرهما واحد أحدهما طويل والآخر قصير والطويل مغلق والقصير ذو فتحة صغيرة بها يضغط الهواء على سطح الزئبق

وقد ضم (غيلوسالك) الفرعين ا و ف (شكل ١١١) بأنبوبة شعرية د ليصعب دخول الهواء فى الخزانة البارومترية عند قلب الجهاز ويضغط على سطح الزئبق ح من الفتحة ف

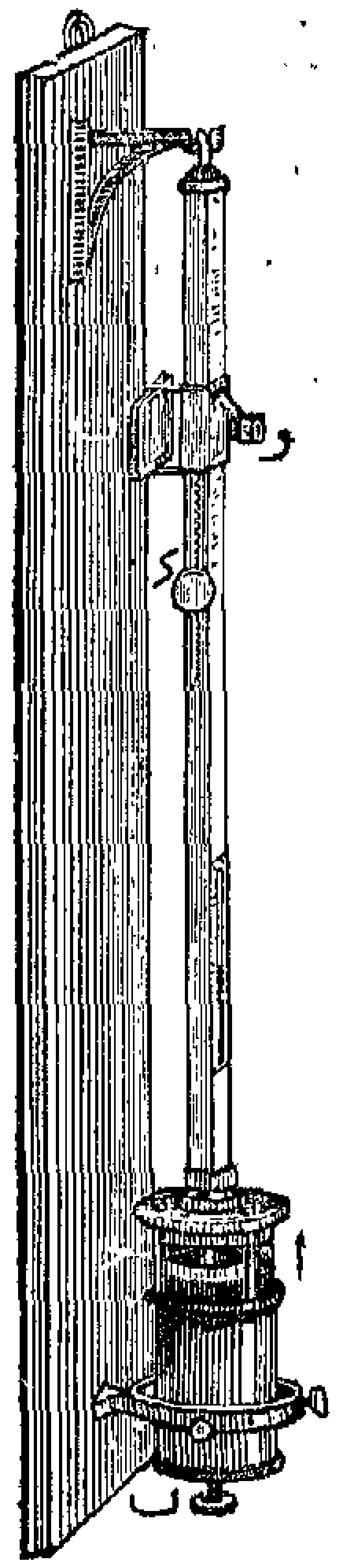
وارتفاع عمود الزئبق المعادل للضغط الجوّى هو المسافة العمودية ح ف بين سطحى الزئبق فى الانبوبتين ويقاس هذا الارتفاع بمقياس مدرج بالمليمترات تدريجين أحدهما صاعد والآخر نازل صفرهما مشترك موضوع فى وسط الارتفاع فتجمع المسافة بين صفر التدريج وسطح الزئبق فى احدى الانبوبتين الى المسافة بين الصفر وسطح الزئبق فى الاخرى وقد نوّع (بونتين) أحد صناع الآلات البارومتر ذا المص (لغيلوسالك) بأن أنهى الطرف الطويل جهة الفرع القصير بجزء مستدق ب (شكل ١١٢) وغلفه بانتفاخ فى أنبوبة شعرية

وبذلك تحبس فقاعات الهواء التى تتمكن من الدخول فى الانبوبة الشعرية بين جدار الجزء المستدق وجدر الانبوبة الشعرية فلا تصل الى الخزانة البارومترية فيختل الجهاز وهذا البارومتر سهل النقل ولنقله يمال بالتدريج والاحتراس الى أن يمتلئ فرعه الطويل بالزئبق ثم يوضع فى غمد من نحاس وهذا فى غمد من الجلد أو علبة من الخشب

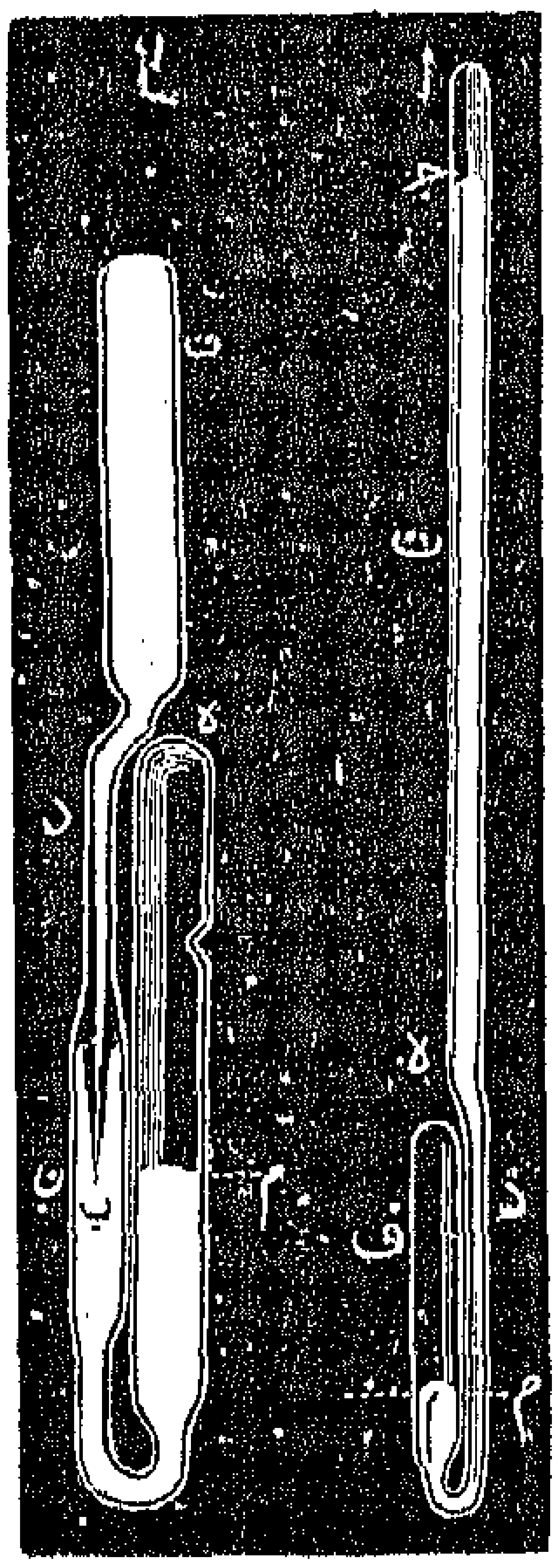
البارومتر ذو وجه الساعة — هو بارومتر ذو مص يسبح على سطح الزئبق فى الفرع المفتوح منه ثقل صغير و (شكل ١١٣) معلق فى طرف خيط ملتف على ميزاب بكرة خفيفة هـ سهلة الحركة وينتهى هذا الخيط بثقل آخر وَ وزنه أقل من وزن الثقل الاول بقليل ومحور البكرة هـ حامل لعقرب يدور أمام وجه ساعة مدرج فمتى زاد الضغط انخفض سطح الزئبق فى الفرع القصير وكذلك الثقل و وبذا يدور العقرب على وجه الساعة من اليمين الى اليسار ويحصل العكس متى قل الضغط



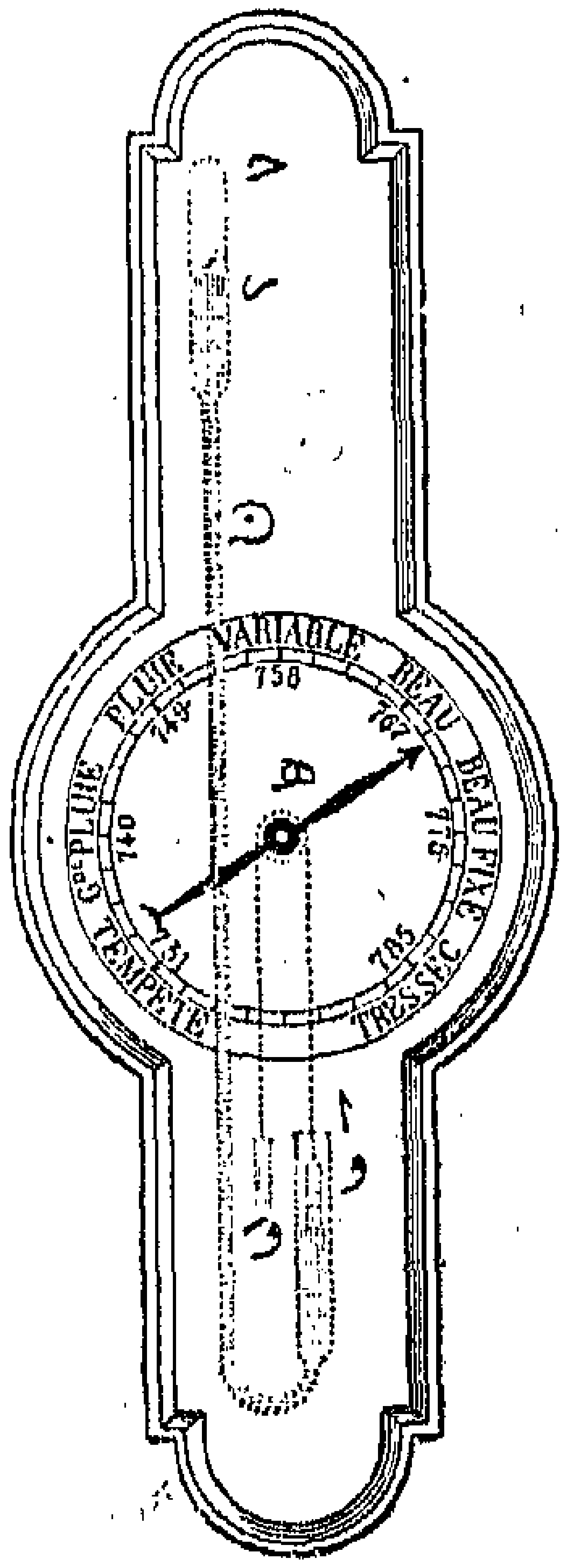
ش ١٠٩



ش ١١٠



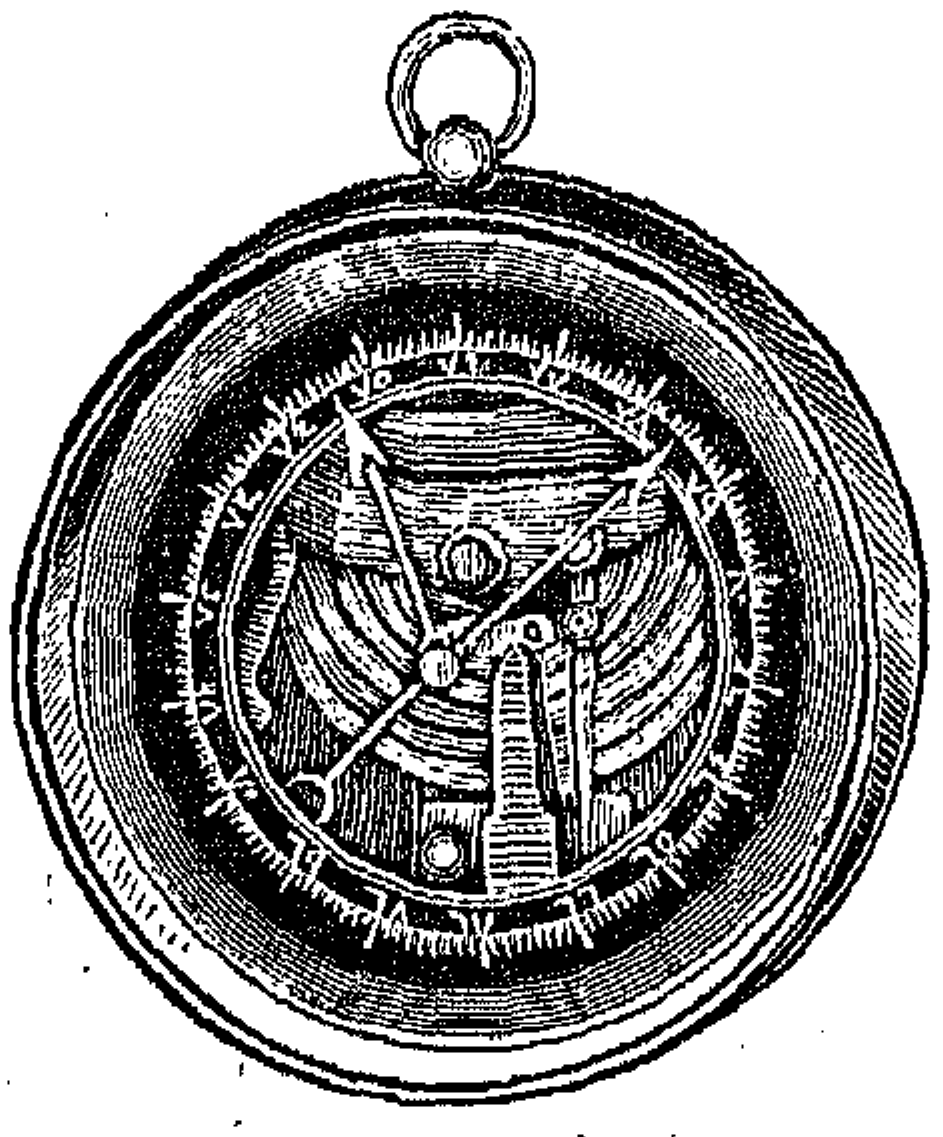
ش ١١١ ش ١١٢



ش ١١٣

البارومترات المعدنية — هذه البارومترات مؤسسة على مرونة المعادن وتدل على تغيرات الضغط الجوى بالتغير الذى يحصل فى أنبوبة أو صفيحة من النحاس الاصفر قابلة للانثناء وبارومتر (بوردون) مكوّن من أنبوبة مبططة منحنية على هيئة حلقة مسدودة الطرفين ومفعول فيها الفراغ ومثبتة من وسطها فيتغير شكلها بحسب تغيرات الضغط الجوى فاذا ازداد كان انحناؤها زائدا وقرب طرفاها من بعضهما واذا انقص تباعد طرفاها عن بعضهما وتنتقل حركاتها بطريقة بسيطة الى ابرة تتحرك على وجه ساعة مقسم وكيفية ذلك هو أن طرفى الانبوبة متصلان بطرفى رافعة تحرك قوسا معدنيا مسننا تنتقل حركته الى عجلة مسننة محورها يحمل الابرة المتحركة أمام وجه الساعة

والمختار من أنواع البارومترات المعدنية هو البارومتر ذو الانبوبة المفعول فيها الفراغ (شكل ١١٤) وهو حساس جدا ومكوّن من علبة من النحاس الاصفر مبططة مفعول فيها الفراغ ويحصل تدريج البارومترات المعدنية بمقارنتها بالبارومتر الزئبقى ولكن من حيث ان الجوامد تكابد على الدوام تغيرات فى تركيب جزيئاتها يلزم دائما توفيق هذه البارومترات مع البارومتر الزئبقى ويوجد ابرة أخرى تتحرك باليد تسمح بتعيين تغيرات الضغط الجوّى من يوم الى آخر



ش ١١٤

تصاليح القياسات البارومترية — من المعلوم ان وزن الزئبق النوعى ينقص بارتفاع الحرارة فيكون من الواضح ان الارتفاع البارومترى يكون أعظم بالنسبة لضغط واحد اذا ارتفعت درجة الحرارة وكذلك الدرجات تتمدد بتأثير الحرارة ولاجل مقارنتها ببعضها يلزم تحويلها الى درجة واحدة وهى الصفر

ويلزم أيضا التأمل الى تحدب سطح الزئبق فى الانبوبة ولاجل ذلك يلزم معرفة قطرها وقياس سهم القرص أعنى المسافة الاكثر انخفاضا من السطح المحدب للقمة ولاجل بارومتر (فورتن) يفعل هذا القياس بواسطة حاسب ذى (ڤرنييه) ومع هذين الدليلين يوجد حساب الارتفاع البارومترى فى جداول بوضع سهم القرص للحصول على الضغط الجوّى

قياس الارتفاعات بواسطة البارومتر — على حسب ما أوضحه (بسكال) يعلم ان الارتفاع البارومترى ينقص بالارتفاع فى الجوّ ومن ذلك يمكن حساب المسافة الرأسية لموضعين متى قيس

ارتفاع عمود الزئبق فيهما وذلك يكون بطريقة بســيطة اذا كان الهواء فى جميع الجهات ذا كثافة واحدة فمثــلا اذا كان الزئبق أكثر كثافة من الهواء ١٠٤٦٤ فكل انخفاض ملليمتر من عمود الزئبق يقابل ارتفاع ١٠٤٦٤ مترا فيكفى ضرب هــذا العدد فى عدد المليمترات التى انخفضت من الزئبق فى البارومترالمنتقل الى محل مرتفع لاجل معرفة الارتفاع الرأسى لهذا المكان لكن هــذه الكثافة تأخذ فى النقصان كلما ارتفع فى الجو وأيضا يجب الالتفات الى الرطوبة وتغير درجة الحرارة وأحوال أخرى كثيرة

فلاجل الارتفاع الذى لا يزيد عن ألف متر يمكن استعمال المعادلة الآتية التى فعلها (بابينيه)

$$\text{س} = ١٠٠٠ \left(١ + ٢ \frac{\text{تَ} + \text{ت}}{١٠٠٠}\right) \frac{\text{عَ} - \text{ع}}{\text{عَ} + \text{ع}}$$

وفى هذه المعادلة س تدل على المسافة الرأســية المطلوب ايجادها و تَ ت درجات الحرارة و عَ ع ارتفاع البارومترفى الموضع المنخفض والاكثر ارتفاعا

ولاجل الارتفاعات التى تزيد عن هــذا الحد قد عمل (لابلاس) معادلة عموميــة مضبوطه أدخل فيها جميع التغيرات التى تحصل من تجربة الى أخرى

تأثير الضغط الجوى وتنوعاته — مساحة ســطح جسم الانسان ١٧٥ ديسيمتر مربع تقريبا فيتحمل حينئذ ضغطا يعادل تقريبا ١٨٠٠٠ كيلوجرام وهــذا الضغط لا يحدث فى البنية أدنى تأثير مضر لانه معادل بتأثير السائلات الباطنة وأن وجود الضغط الظاهرى هو السبب فى بقائها ولولاه لخرجت الى الخارج (أنظر المحاجم) وكذلك لا تكون الحركات معاقة فى عملها لان تأثير الضغط فى جميع الاتجاهات واحد

وبعض تجاويف جسم الانسان والحيوانات خالية من الهواء كثيرا أو قليلا وذلك مثل المفاصل لان فيها الاسطحة المفصلية للاطراف متلامسة جيــدا بدون وجود الهواء فيها وضغط الهواء كاف لحفظ هذه الملامسة حتى بدون وجود الاربطة وهــذا هو السبب فى سهولة حركة المفاصل حيث ان المجهودات العضلية يمكنها استعمالها فى تحريك الاطراف بدون احتياج الى أى جزء منها لبقاء الاسطحة المفصلية ملامسة لبعضها

والتجويف البطنى خال أيضــا من الهواء وان جدران البطن تغلف الاحشاء البطنيــة والضغط الجوى يمتد تأثيره الى السطح السفلى من الحجاب الحاجز

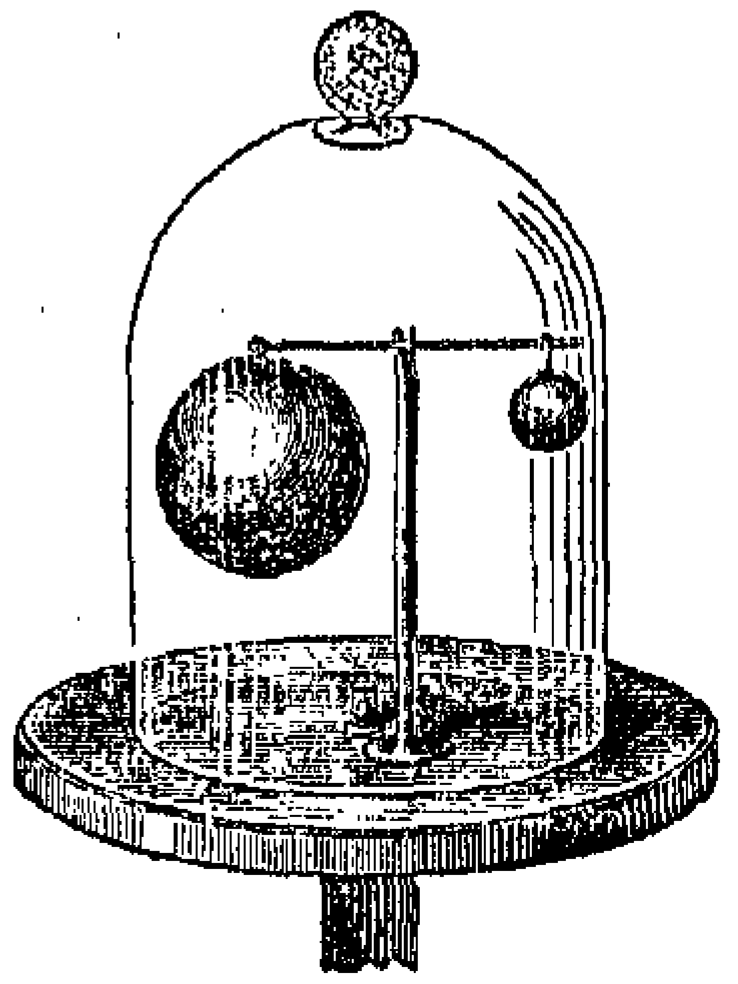
والتجويف الصــدرى له جدار صلب فالضغط الجوى لا يؤثر على ســطحه الظاهر بل على السطح الباطن للرئتين ويجعله فى حالة تمدد مستمر

والضغط الجوى يساعد أيضا على سهولة الدورة الوريدية فكل زفير يكون مصحوبا بنقصان فى الضغط يكون سببا فى جذب الدم من الاوعية الغليظة نحو القلب

وقد تحمل الاعضاء اضغاطا مختلفة عن الضغط الجوى بدون ضرر وتعلم زيادة الضغط بضغط غشاء الطبلة و يزول فى الحال متى وازن هواء الاذن المتوسطة الغازات الظاهرة والنبض يكون ممتلئا وسريعا واذا مقاومة والحركات سريعة ومؤكدة وقد يتحمل الجسم مقدارا من الضغط الجوى قدر الضغط المعتاد أربع مرات لكن تقليل الضغط يلزم ان يكون مع التدريج والاحتراس

ونتائج تقليل الضغط يمكن مشاهدتها بسهولة لانها تحصل عند الارتفاع فى القباب الطياره أو على الجبال وفى هذه الحالة الاخيرة يشاهد اضطراب ينتج عنه ما يسمى عرض الجبال وسرعة فى حركات التنفس مع عسر فيه وبرودة وتعب عضلى وذلك ناشئ عن عدم كفاية كمية الاوكسيجين التى تدخل فى الرئتين أثناء كل حركة من حركات الشهيق فيكون الدم قليل الاوكسيجين فتحصل نتائج مشابهة لنتائج الانيميا الناشئة عن قلة كراة الدم وتحصل نتائج مشابهة لهذه عند الصعود فى القباب

تطبيق قاعدة (ارشميد) على الغازات — هذه القاعدة يمكن تطبيقها على الغازات كالسائلات فان كل جسم غمر فى غاز يكابد منه دفعة رأسية متجهة من أسفل الى أعلى تساوى وزن الغاز المزاغ ويتحقق ذلك بواسطة (الباروسكوب) (شكل ١١٥) المكون من عاتق يحمل فى احدى طرفيه كتلة صغيرة من الرصاص وفى الطرف الآخر كرة كبيرة مجوفة من النحاس ذات حجم عظيم جدا وهاتان الكرتان تكونان متوازنتين فى الهواء وبوضع الجهاز تحت مستودع الآلة المفرغة وفعل الفراغ يشاهد فى الحال أن الكرة المجوفة تزداد فى الوزن عن الكتلة الصغيرة التى من الرصاص فهذا يدل على ان وزنها أكبر من وزن الكتلة الصغيرة وفقدت جزأ عظيما من وزنها وللاثبات على ان هذا الفقد مساو فى الوزن للهواء المزاغ يكفى اضافة وزن حجم من الهواء الى الكتلة الرصاص الصغيرة مساو لوزن الكرة فالتوازن الذى يحصل فى الهواء يفقد فى الفراغ



ش ١١٥

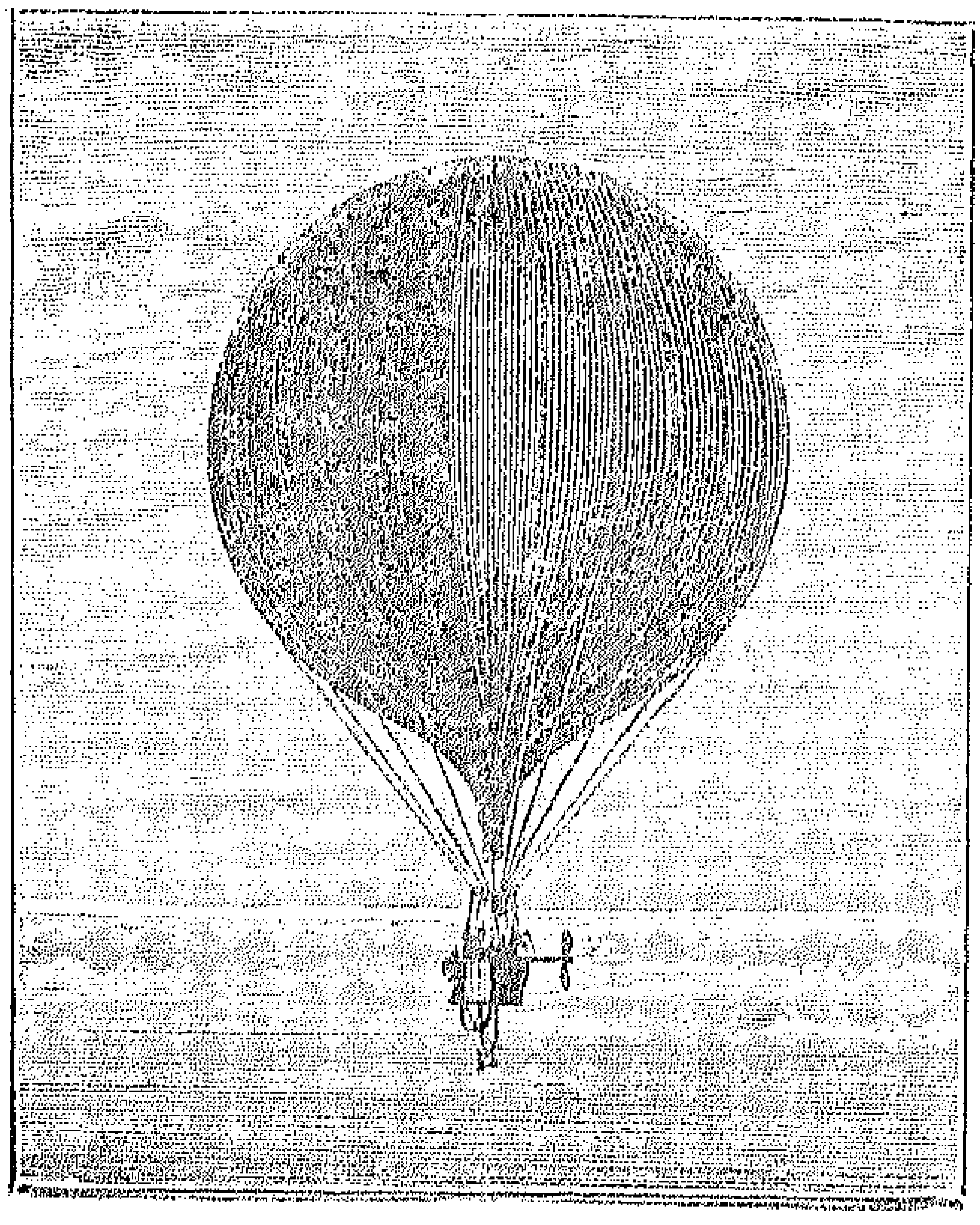
ويمكن أيضا ايضاح ان هذه القاعدة تطبق على الهواء الجوى بواسطة تجربة بسيطة وهى ان توزن مثانة خالية من الهواء على قدر الامكان ومتى حصلت الموازنة تملأ بالهواء بواسطة منفاخ

ثم توضع على كفة الميزان فيشاهد حينئذ أن وزنها لم يتغير فهذا دليل على ان وزن الهواء الذى أدخل فيها فقد تقريبا وزن حجم الهواء الذى أزاغته المثانة المنتفخة

تأثير الدفع على الاوزان وعلى سقوط الاجسام ـ تطبيق قاعدة (ارشميد) على الغازات يلزم له بعض تصليحات فى الوزن لانه متى وضع جسم فى الميزان فان الذى يؤثر على الكفة هو الوزن الظاهرى أى الوزن المطلق للجسم ناقص دفع الهواء فاذا وضع فى الكفة الاخرى صنج معينة يلزم كذلك طرح قيمة الدفع التى تدل على قيمتها المطلقة وعلى الدفع الذى تكابده وحينئذ تكون الاوزان المتساوية للاجسام والصنج هى الاوزان المطلقة وبناء على ذلك يلزم تصليح مزدوج

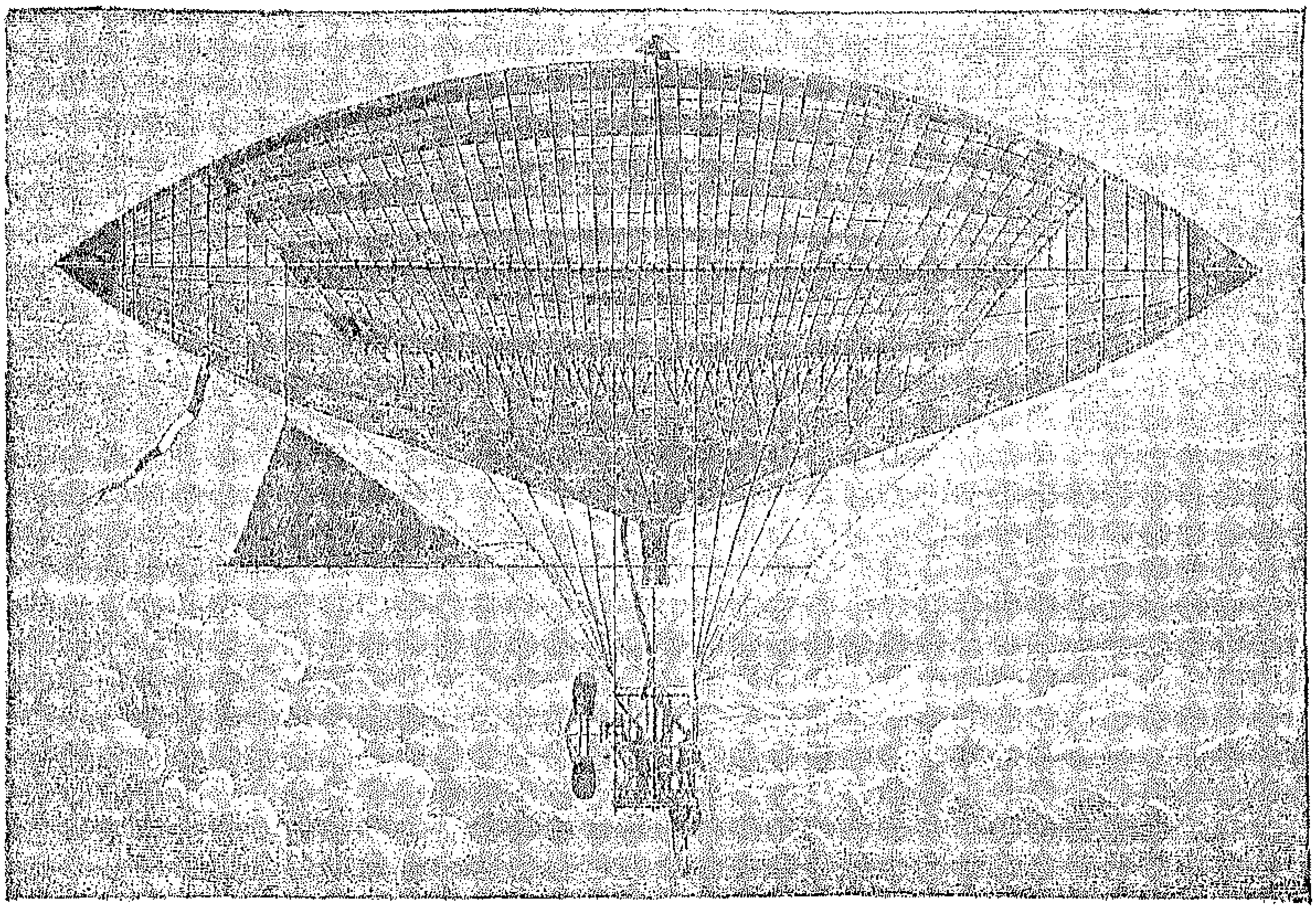
وأيضا يلزم التأمل فى ان الجسم الساقط يكون منقادا الى قوة تساوى الفرق بين وزنه والدفعة التى يكابدها ومن حيث ان الدفعـة لا تتعلق الا بالحجم فتكون واحدة لجميع الاجسام ذوات الحجم الواحد لكن من طبيعة وأوزان مختلفة وهذا ما يوضح جزأ من ان هـذه الاجسام تسقط كما يشاهـد فى أنبوبة (نيوتون) بسرعة مختلفة ونقول أيضا ان قاعدة (ارشميد) لا تعين تأثير الوسـط المحيط على الجسم المتحرك الا بطريقة غير تامة لانه يلزم احتساب المقاومة المضادة من هذا الوسط وهذه المقاومة تتعلق بشكل الجسم وسرعته

القباب الطيارة ـ اذا وضع جسم فى الهواء وكابد منـه دفعة تفوق وزنه الخاص فيرتفع عوضا عن نزوله وهى قاعدة القبـاب الطيارة واختراع القباب الطيارة ينسب الى الاخوان (مونتجولفير) سنة ١٧٨٣ وهذه القبـة كانت من قماش مبطن بالورق ومنتفخة بالهواء الحار المتحصل عليـه بحرق التبن والورق المندى بالماء أسفل فتحة فعلت فى الجزء السـفلى منها وكل قبة من هذا النوع تسمى (مونتجولفير) ويعطى عادة للقباب الطيارة شكل كروى يوجد أسفله ذورق خفيف جدا معلق فى شـبكة تغطى جميع سطح الكرة يركبه الاشخاص الذين يصعدون فى الطيارة (شكل ١١٦)



ش ١١٦

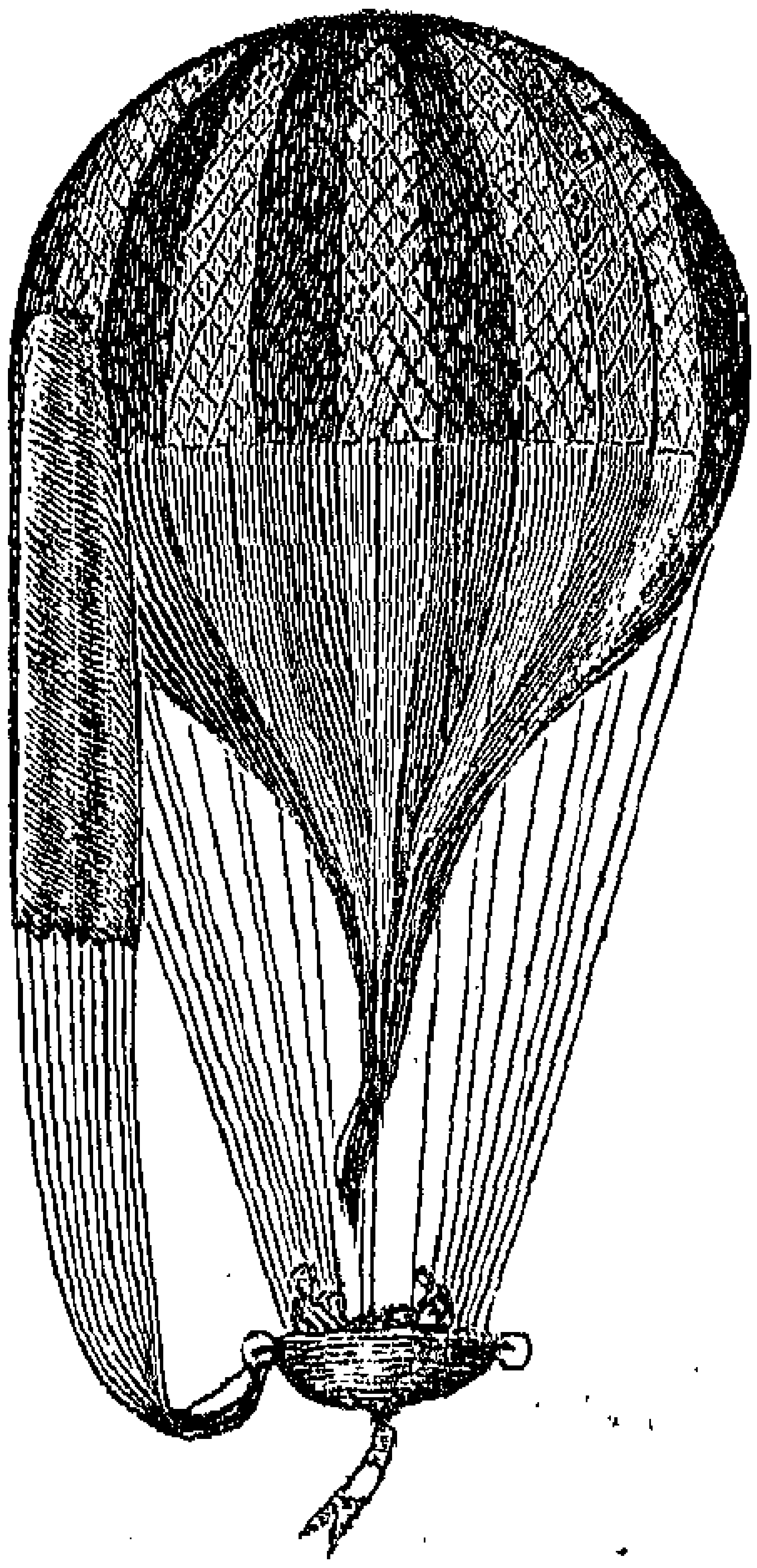
وقد استعمل (دبويدلوم) حلزونات كالموجودة فى الجزء الخلفى من بعض السفن لتوجيه القباب حسب الارادة وقد أعطى أخيرا للقباب المعدة للسير حسب الارادة شكل مستطيل لتقاوم الهواء بسهولة (شكل ١١٧)



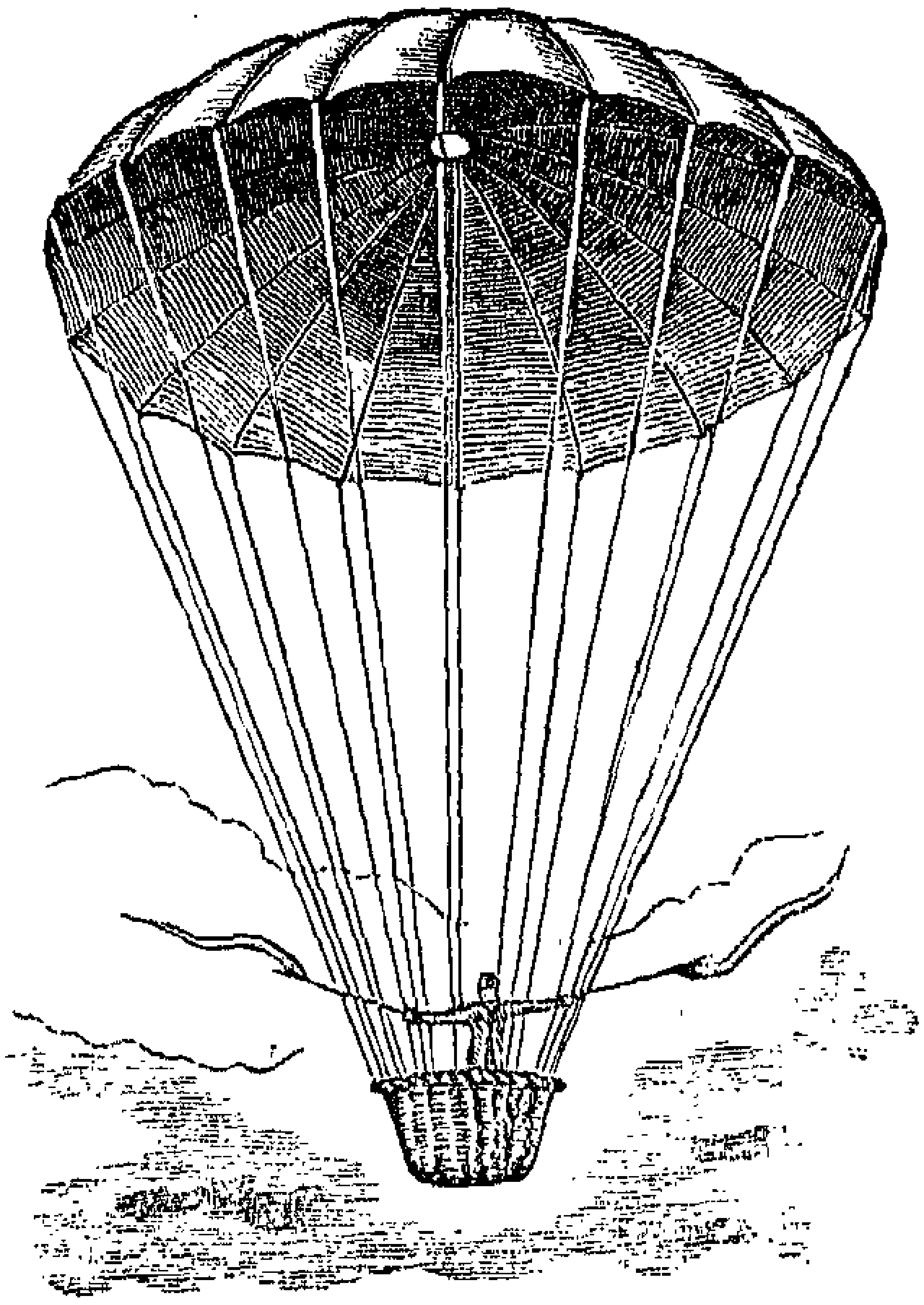
ش ١١٧

ويوجد دائما فى الجزء العلوى من كل قبة طيارة فتحة مسدودة بصمام يغلق من أسفل الى أعلى فعندما يراد الهبوط يفتح هذا الصمام بواسطة حبل يصل الى الذورق فيخرج حينئذ مقدار من غاز القبة ويحل محله هواء يزيد فى وزنها فتهبط ويجب ترك القبة مفتوحة من جزئها السفلى وذلك لكون الغاز الموجود فيها يزيد حجما كلما ارتفعت بسبب نقصان الضغط الجوى فيخرج المقدار الزائد من الفتحة وبخلاف ذلك ربما انفجرت القبة من تمدد الغاز الموجود فيها وضغطه الذى يزيد عن الضغط الظاهر

مانعة السقوط — لمنع سقوط ركاب القبة بسرعة عند حصول انفجارها يستعمل الجهاز المسمى مانعة السقوط وهو عبارة عن شمسية من قماش متين تتصل حافتها بالذورق بواسطة جملة أحبال (شكل ١١٨) فاذا حصل شئ فى القبة انفردت مانعة السقوط بتأثير الهواء وبمقاومته يبطئ السقوط كما فى (شكل ١١٩) ولاجل منع الاهتزازات الخطرة للذورق عند خروج الهواء الذى دخل تحت مانعة السقوط يفعل فتحة فى وسطها يخرج منها الهواء لاجل سهولة النزول وحفظ الجهاز ثابتا



ش ١١٨



ش ١١٩

قانون مريوط

قد ذكرنا فيما تقدم انه يمكن استحالة حجوم الغازات بضغطها وقد أثبتنا ذلك باستعمال الزند الهوائى والارتباط الكائن بين كتلة غازية والاضغاط الواقعة عليها تبينت على التعاقب والذى بينهما كل من (مريوط) فى فرنسا و (بويل) فى انجلترا سنة ١٦٧٠ وهاهو القانون

الاجسام التى تشغلها كتلة غازية درجة حرارتها ثابتة تكون على حسب عكس الضغط الذى تتحمله

فاذا فرضنا كتلة غازية تشغل حجما ع تحت ضغط ضـ ثم وضعت تحت ضغط ضَ فحجمها عَ يعين بالارتباط

$$١ \quad \frac{عَ}{ع} = \frac{ضـ}{ضَ} \quad ٢ \quad \text{أو} \quad ع\,ضـ = عَ\,ضَ$$

ويمكن اعطاء قانون (مريوط) شكلا آخر مهما أيضا فمثلا ك الوزن النوعى للغاز فى الحالة الاولى و كَ فى الحالة الثانية فالكتلة الغازية تبقى بدون تغير وكذلك وزنها وحينئذ

ح ك = حَ كَ ٣

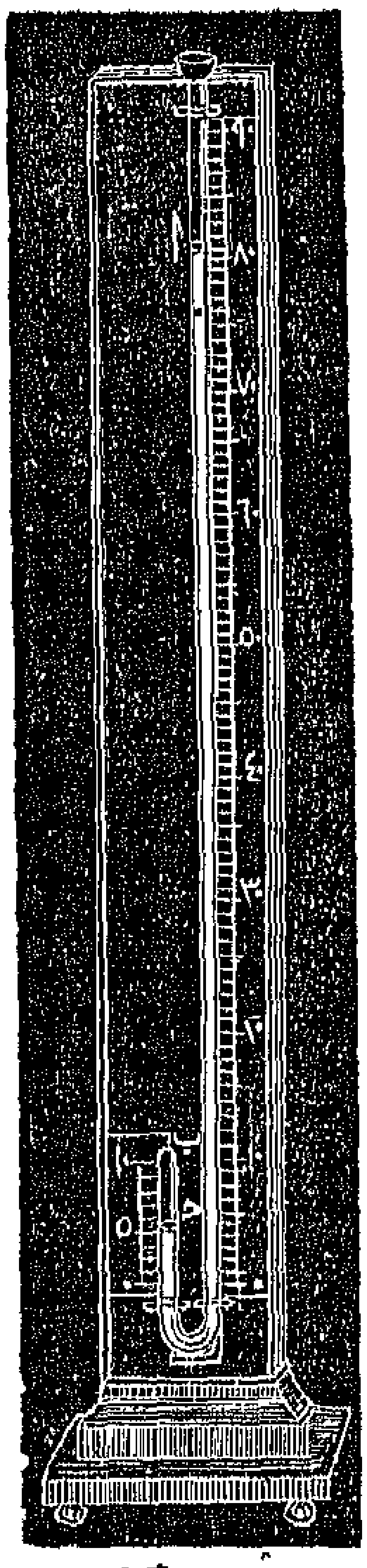
وبقسمة هذه المعادلة على المعادلة الثانية نحصل على

ك / ض = كَ / ضَ ٤

والوزن النوعى للغاز يكون متناسبا مع الضغط الذى يتحمله

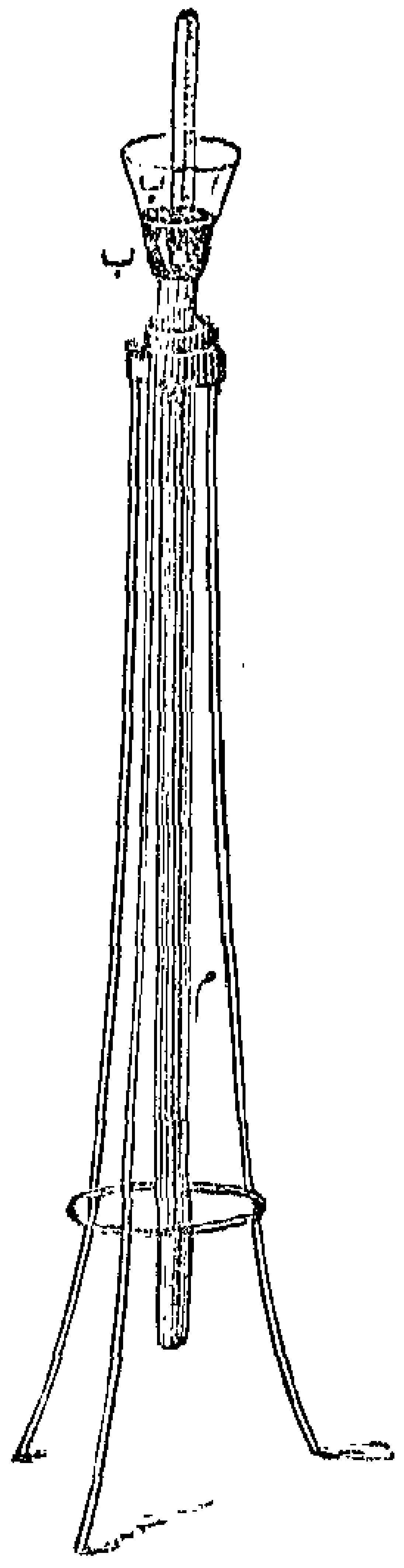
وهذا التعبير أوفق لعدم فرض أن الكتلة الغازية غير قابلة للتغير

تحقيق قانون (مريوط) لتحقيق هذا القانون تستعمل أنبوبة مثبتة على لوح منحنية ذات فرعين غير متساويين (شكل ١٢٠) أطولهما أ مفتوح والصغير ب مسدود ومقسم الى أجزاء أحجامها متساوية والطويل مدرج الى سنتيمترات وأصفار التدريجين فى ارتفاع واحد فى الجزء السفلى من الجهاز ثم يوضع قليل من الزئبق ابتداء الى الصفر من كل جهة فالهواء المنحصر فى الفرع القصير يكون تحت تأثير الضغط الجوى حيث ان الزئبق فى الفرعين يكون واحدا فاذا أضيف مقدار من الزئبق لاحالة حجم الهواء المنحصر الى النصف فان الضغط يكون مزدوجا ويشاهد أن الاختلاف بين السطحين يكون تقريبا ٧٦ر٠ سنتيمتر ويكون الهواء المنحصر موازيا للضغط الجوى زائد عمود من الزئبق طوله ٧٦ر٠ سنتيمتر فيكون الضغط حينئذ مساويا لاثنين جو

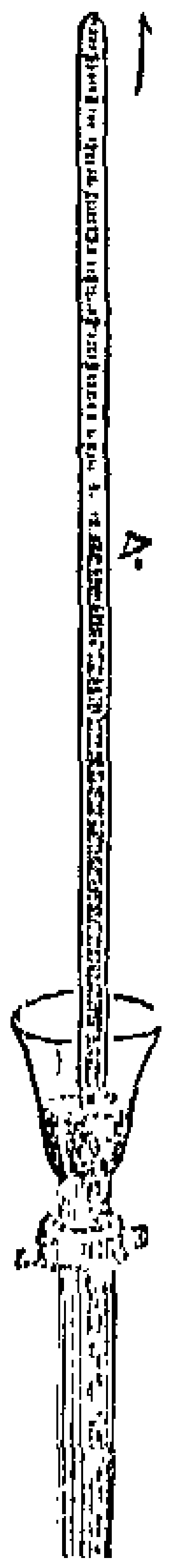

ش ١٢٠

والجهاز المتقدم يدل على الضغط الاكبر من الضغط الجوى ولتحقيق قانون (مريوط) والضغط أقل من الضغط الجوى تستعمل أنبوبة بارومترية تملأ بالزئبق ويترك فيها مقدار قليل من الهواء وتنكس على حوض عميق كالحوض ب م (شكل ١٢١) وبعد ذلك تدخل هذه الانبوبة فى الحوض الى أن يصير سطح الزئبق داخلها فى محاذات سطحه خارجها فبذلك يكون محبوسا فى الانبوبة حجم أ ب من الهواء

على الضغط الجوى فتقاس المسافة التى شغلها حجم الهـواء ثم ترفع الانبوبة الى أن يصـير حجم الهـواء أ ح (شكل ١٢٢) ضعف ما كان قبـل بسبب نقصان الضـغط فيرى ارتفاع الزئبق فى الانبوبة وان هذا الارتفـــاع د ح يساوى نصف الارتفاع البارومترى وقت التجربة فالهـواء الذى صار حجمه ضعف ما كان لم يكن ضغطه الانصف جو فان مجموع قوة مرونته وثقل عمود الزئبـق ح د يعادل ضغط الجو والعمـــود ح د وحده يساوى نصف جو



ش ١٢١



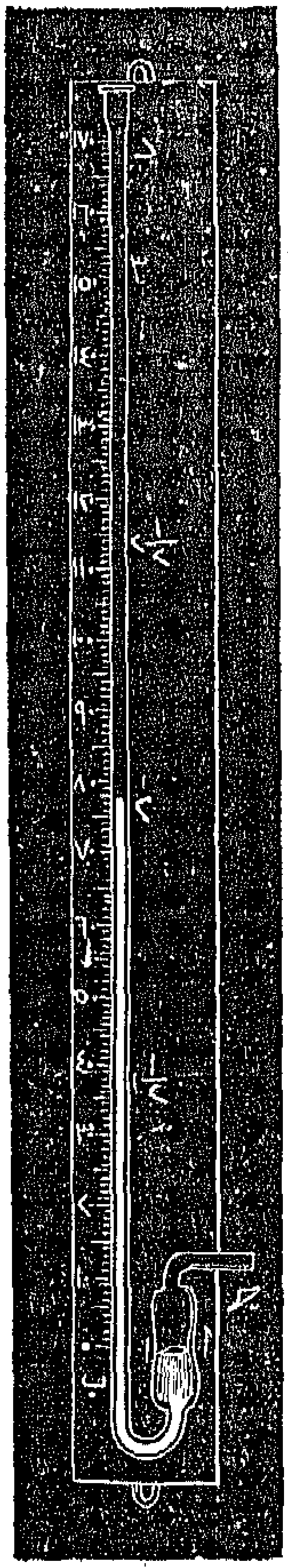
ش ١٢٢

قانون (مريوط) غير محكم ـ قد تبين من التجارب المتقـدمة أن الهواء منقاد تقريبا الى قانون (مريوط) بالقرب من الضـغط الجوى الا أنها غير كافية لاثباته بالدقة فان كلا من (أرستيد) و (ديسبرتز) و (بوليـه) قد دلوا على أن الغـازات تحت ضغط واحد لا تنضغط بدرجة واحدة وحينئذ لا تكون منقادة لهذا القانون بالضبط وقد دل (رينيولت) بتجارب أكيدة على أن أى غاز لا ينقاد الى هذا القانون فان الهواء والغازات الصعبة السيولة تبعد عنه قليـلا فى درجة الحرارة المعتادة ولو أن الاختلاف يكون واضحا ولو بضغط قليل والتباعد يكون واضحا جدا فى الغـازات القابلة للسـيولة بسهولة وذلك مثـل الانيدريد كربونيك والسيانوجين وغاز النوشادر فانها تنضغط أكثر مما يدل عليه قانون (مريوط) والايدروجين يبعد عن القانون بالعكس فانه ينضغط أولا كالهواء واذا زاد الضغط عن ١٥ جوكان انضغاطه أقل وفى درجة حرارة مرتفعة يقرب الهواء والانيدريد كربونيك من القـانون ومهما كان قانون (مريوط) لا يستعمل الا فى حساب الاحوال التى يحصل فيها تغير قليل فى الضغط

المانومترات

المانومترات آلات معدة لقياس قوة مرونة الغازات والابخرة وهى أنواع

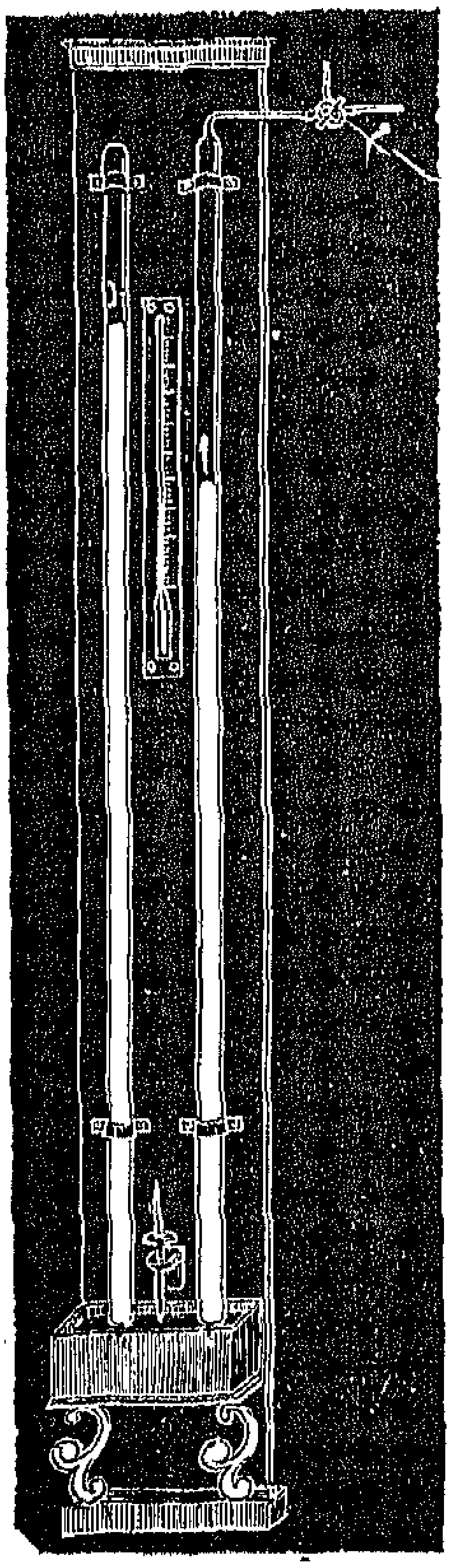
المانومتر ذو الهواء الخالص — مكوّن من أنبوبة من البلور ب (شكل ١٢٣) مثبتة على لوح من الخشب منحنية انحناءين ينتهى أحد طرفيها بانتفاخ ا فيه زئبق متصل بأنبوبة ح وهذه توصل بالاناء المغلق المحتوى على الغاز أو البخار المراد معرفة قوة مرونته ولتدريج هذا المانومتر تترك الانبوبة ح مفتوحة فسطح الزئبق فى الانبوبة ب د وفى المستودع ا يكون فى مستو واحد فيوضع فى محاذاة سطحه فى الانبوبة ب د رقم ١ للدلالة على أنه متى كان سطح الزئبق فى هذه النقطة كان الضغط مساويا لضغط الجو وفوق هذه النقطة بمسافة طولها ٧٦ر. سنتيمتر يوضع رقم ٢ ثم فوق هذه بمسافة ٧٦ر. سنتيمتر يوضع رقم ٣ وهكذا حيث ان كل ارتفاع عمود من الزئبق طوله ٧٦ر. سنتيمتر يساوى ضغط جو ثم تقسم المسافة بين كل درجة وأخرى الى عشرة أقسام ليستدل منها على أجزاء الضغط التى تكون أقل من الوحدة فاذا حصل اتصال بين الانبوبة ح واناء محتو على بخار وارتفع الزئبق فى الانبوبة الى خمس درجات كان ذلك دليلا على ان الضغط يساوى خمسة جوا وهكذا وقد يوضع داخل الانبوبة ثقل يتصل بنظيره خارجها أمام مسطرة مدرجة الى سنتيمترات من أعلى الى أسفل بخيط يمر على بكرة فاذا ارتفع الزئبق فى الانبوبة رفع الثقل فينخفض نظيره فى الخارج بقدر ارتفاع الآخر فلا تعسر قراءة الدرجات لبعدها وقد نوّع هذا الجهاز (رينيولت) وأعطاه شكلا جيدا و (شكل ١٣٥) يدل عليه وهذا المانومتر م متصل بقبابة ومكوّن من أنبوبتين مستقيمتين منضمتين من أسفل بواسطة أنبوبة من الحديد وأسفلهما



س ١٢٣

توجد حنفية ر لها ثلاث طرق أعنى حنفية مثقوبة بثقب على شكل T ففى الوضع ١ تحدث اتصال الفرعين ببعضهما كأنها لم توجد وفى الوضع ٢ تسد الفرع الأيمن وتحدث سيلان الزئبق من الايسر ويحصل عكس ذلك فى الوضع ٣ وفى الوضع ٤ يحصل استفراغ الفرعين فى آن واحد والوضع ٥ معد لمنع جميع الاتصالات بين الفرعين والخارج

ولاجل الضغط الاقل من ضغط الجو يكون من الجيد استعمال مانومتر بارومترى


ش ١٢٤

(شكل ١٢٤) وهو عبارة عن أنبوبتين موضوعتين فى حوض واحد احداهما بارومتر معتاد والاخرى فى جزئها العلوى حنفية م لوصول الغاز والضغط المراد معرفته يساوى الفرق بين سطحى الزئبق فى الانبوبتين ويمكن قياسه بواسطة الكاتيتومتر أو بواسطة درجات موضوعة على اللوحة الخشب المثبت عليها الجهاز

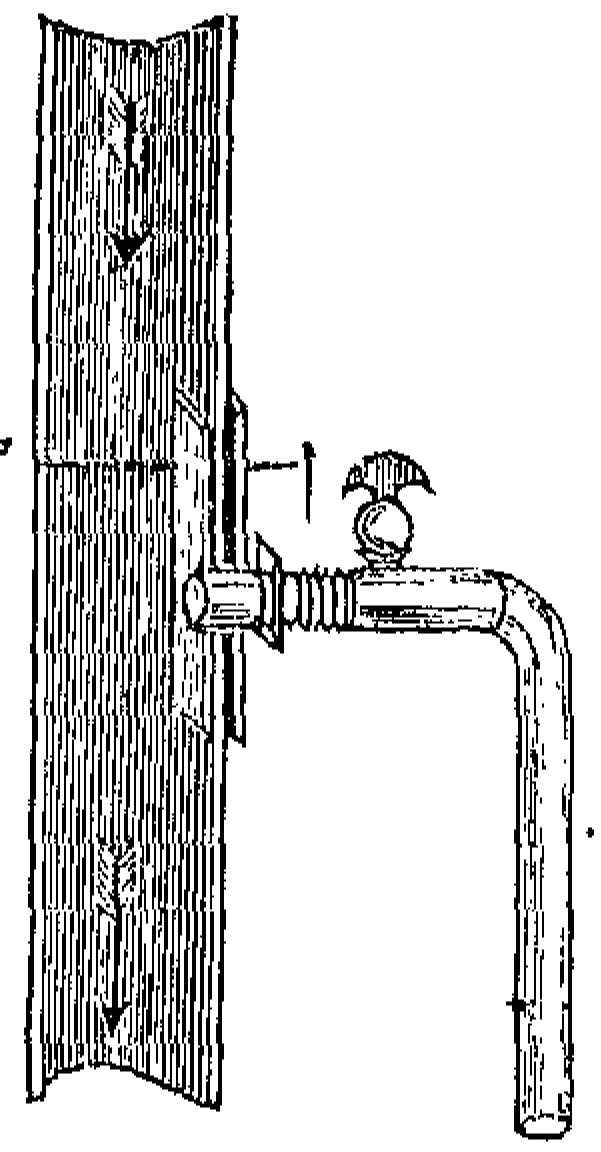
والمانومتر ذو الهواء الخالص غير جيد فى الاحوال التى يراد فيها قياس أضغاط مرتفعة لكنه جيد ومضبوط بالنسبة لمساواة حساسيته وزيادة ضغط واحد تحدث دائما تغيرا فى سطح الزئبق مهما كان وضعه الباطنى

المانومترات المعدة لقياس ضغط الدم — أول من تفكر فى قياس ضغط الدم هو (هاليس) فقطع شريانا وربط طرفه البعيد عن القلب وأدخل فى الطرف الآخر أنبوبة من الزجاج على هيئة نعل الفرس فاختلاف سطحى الدم فى الانبوبة يدل على قيمة الضغط وهذه الطريقة البسيطة لاتعطى نتائج جيدة نظرا لتجمد الدم

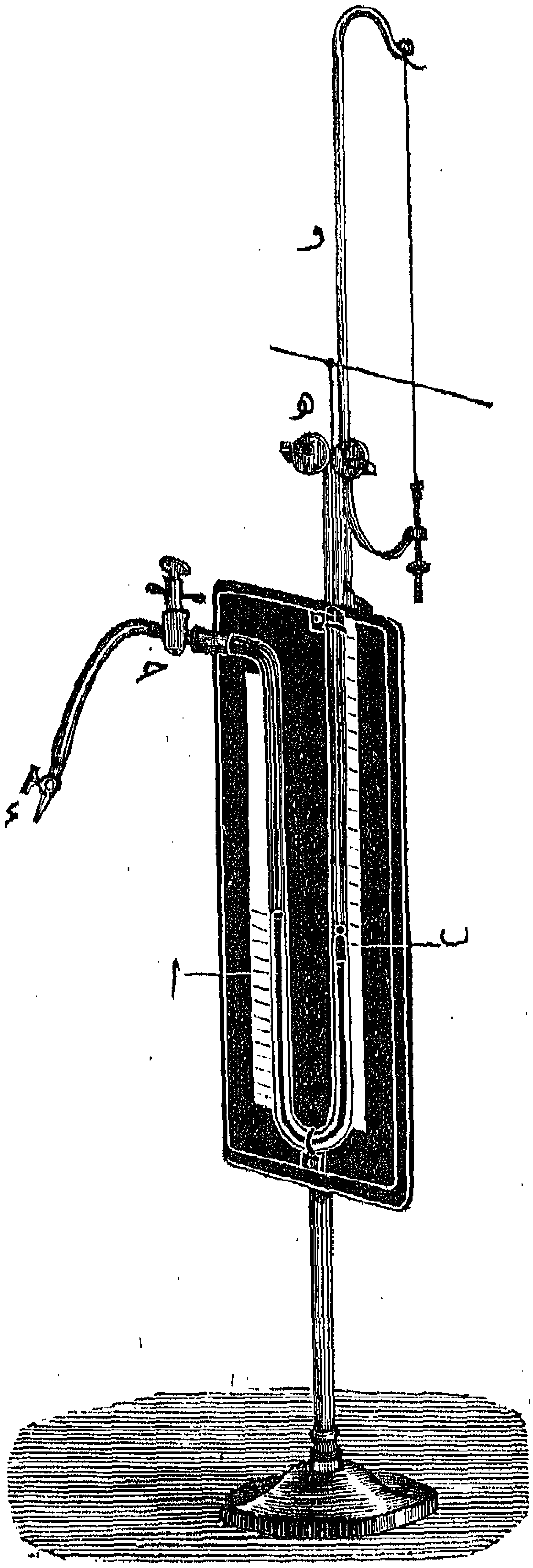
فنوّع ذلك (بوازويل) بوضعه زئبقا فى الانبوبة واضافة كربونات الصودة فى الجهة التى تتصل بالشريان لمنع تجمد الدم والجهاز المسمى (هيموديناموميتر) أى مقياس قوّة الدم ليس خاليا من الغلط لان قطع الوعاء المراد بحثه ينوّع الظواهر التى تشاهد تنوعا عظيما ولاجل منع هذا الغلط قد استصوب كل من (لودفيج) و (فالانتن) و (فيروردت) فعل شق طولى فى جدار الوعاء وفيه يثبت المانومتر (شكل ١٢٥) وكيفية ذلك هو أن طرف الانبوبة المانومترية ينتهى بصفيحتين متوازيتين ا ح تدخل احداهما فى باطن الوعاء والاخرى تنطبق على سطحه الظاهر ثم يثبتان ضد بعضهما بواسطة برمة

ومع ذلك فيه عيب وهو صعوبة تثبيت الصفائح والنتائج المتحصلة لاتخالف نتائج الاجهزة القديمة ولذلك يستعمل فى الغالب (الهيمومانومتر) المنسوب الى (بوازويل) باضافة جهاز حاسب له مشابه أجهزة الآلات الحاسبة الجديدة (شكل ١٢٦)

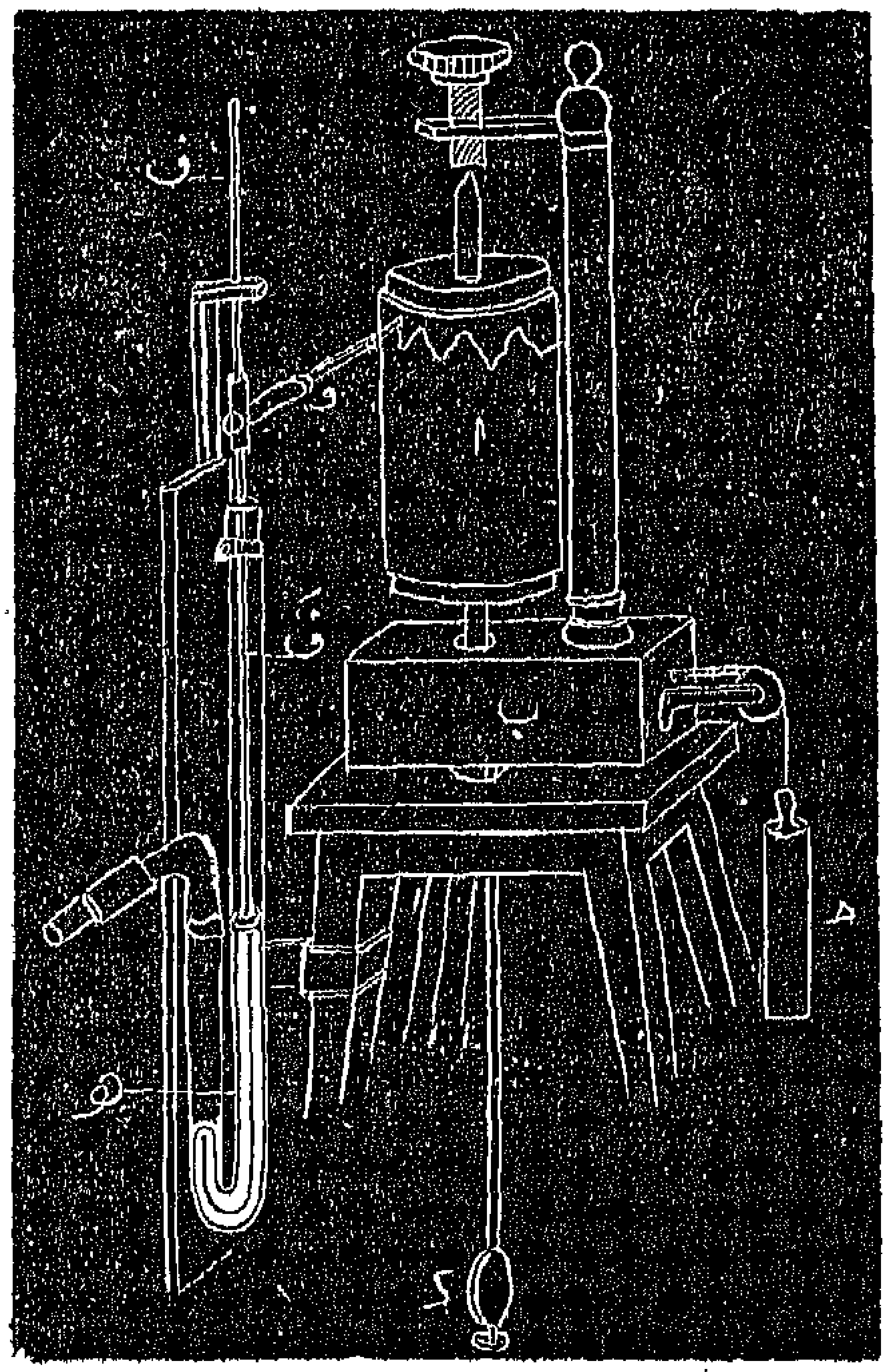
وجهاز (لودفيج) (شكل ١٢٧) كان موضوعا لاخذ النتائج فيوجد سابح يرتكز على الزئبق فى الفرع المفتوح فَ من المانومتر يحرك قلما و معدا لتخطيط اهتزازات عمود السائل على اسطوانة ا فى حركة دوران



ش ١٢٥



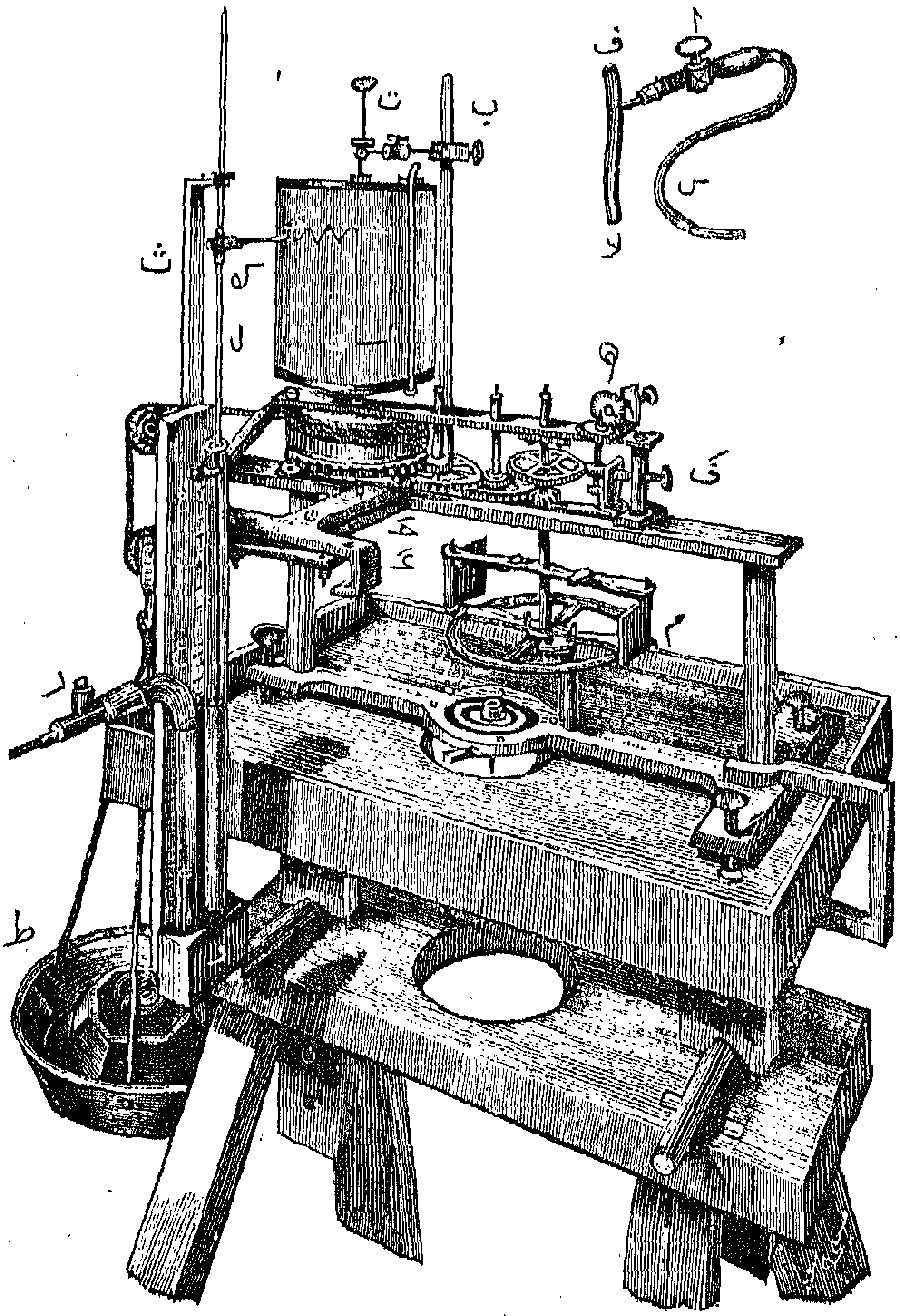
ش ١٢٦



ش ١٢٧

و (شكل ١٢٨) يدل على شكل مشابه له تصوره جناب (ڤالنتن) وحركة الساعة الحادثة دوران الاسطوانة حاصلة فى قرص ط حامل لوزن وانتظامها ينسب الى حركة ميزان دائرى م ن والساعة يرفع الساق ل والقلم ك يرسم الحركات على الاسطوانة الدائرة وفى حنفية المانومتر د أنبوبة قابلة للانثناء س ا تحمل الانبوبة التى تدخل فى باطن الوعاء و ف المرسومة بجوار الجهاز

وقد فعل جهازاً أكثر حساسية يسمى هيمومتر (ماجندى) وكارديومتر (كلوت برنار) وذلك باعطاء الفرعين أقطاراً غير متساوية والفرع الذى يتصل بالشريان مكوّن من زجاجة متسعة أسفلها يثبت فرع المانومتر المكوّن من أنبوبة رفيعة

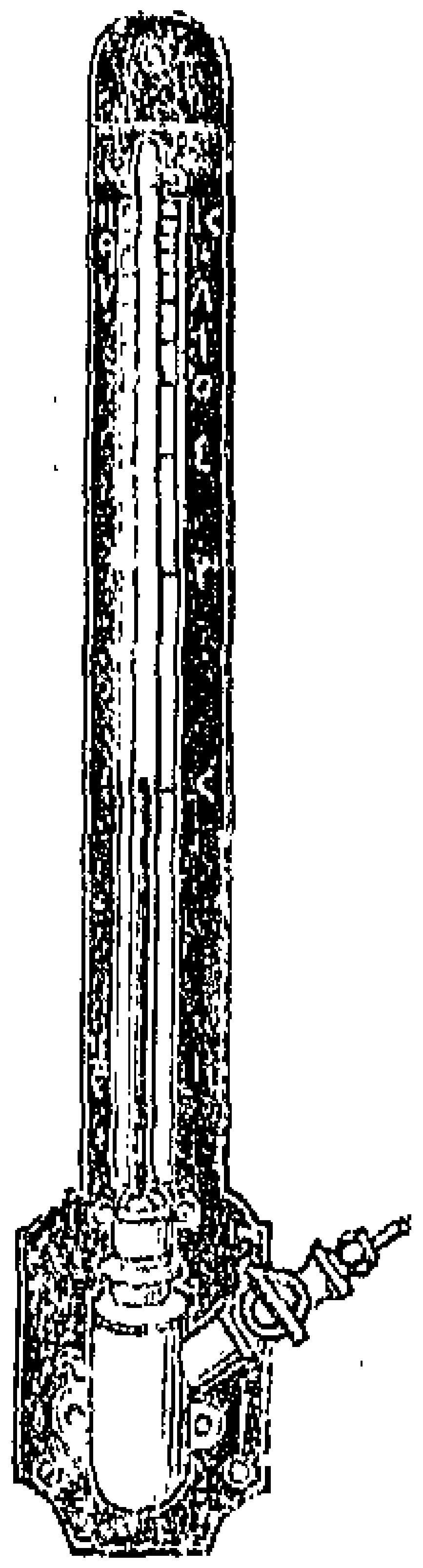


ش ١٢٨

والمانومتر المكافئ المنسوب الى (ماريه) يتميز عن الهيمومتر بوجود أنبوبة شعرية بين الفرعين والمقاومة التى تفعلها هذه الانبوبة لحركات الزئبق تمنع اهتزازات عمود السائل وتدل على الضغط المتوسط مباشرة وبذلك يتجنب الخطأ العمومى الموجود فى جميع الاجهزة المتقدمة وهو أن الزئبق فيها يفوق أعظم وأقل ارتفاع يوازى الضغط الحقيقى للدم بالنسبة للسرعة التى يكتسبها ومن ذلك لا يستدل على القيمة العظمى لضغط الدم فى الشرايين

ومن هذه الاجهزة نذكر المانومتر الاختلافى المنسوب الى (كلوت برنار) المعد للاستدلال على اختلاف الضغط بين وعاءين وهو مكوّن من أنبوبة على شكل V محتوية على الزئبق وأعلاه فى الجهتين كربونات الصوديوم ويوصل الطرفان بالوعاءين المراد البحث عنهما فاختلاف الضغط فيهما يساوى الاختلاف بين سطحى الزئبق فى الانبوبة

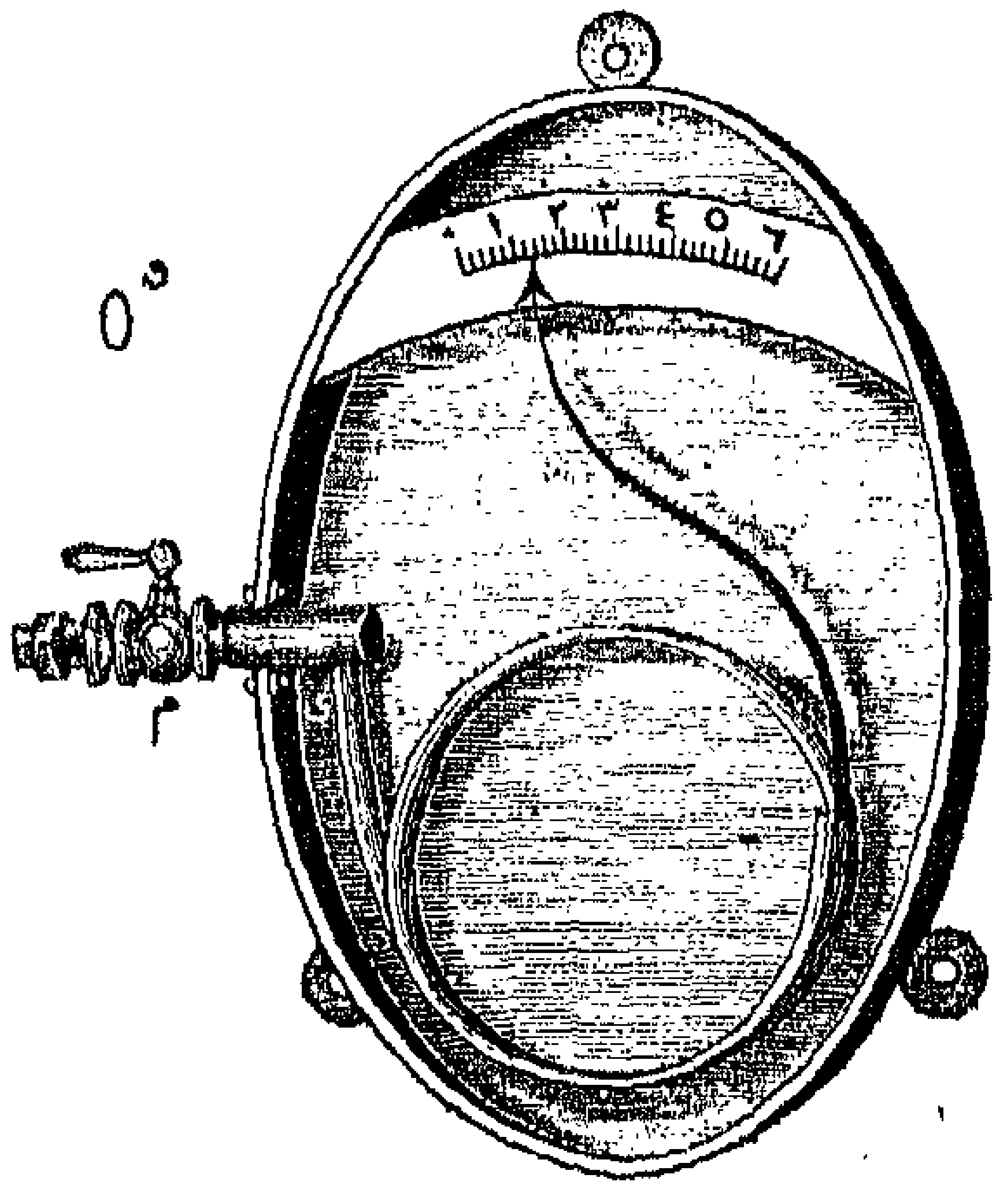
المانومتر ذو الهواء المضغوط — حيث ان المانومتر ذو الهواء الخالص لا يستعمل الا لقياس ضغط لا يزيد عن خمسة أو ستة جوعادة وزيادة على ذلك فان استعماله متعب فيمكن استعاضته بالمانومتر ذى الهواء المضغوط وهو يتركب كما فى (شكل ١٢٩) من أنبوبة مغلق أحد طرفيها وطرفها الثانى مغمور فى مستودع من الحديد مملوء بالزئبق ومغلوق من جميع الجهات وفيه فتحة جانبية ا بها يوصل المانومتر بالاناء المراد معرفة ضغط الغاز أو البخار الموجود فيه وتدريج هذا المانومتر يكون بمقارنته بعد حبس مقدار مناسب من الهواء فيه بمانومتر آخر ذى هواء مطلق بان يوصل المانومتران باناء فيه هواء مضغوط بطلمبة زئبق فاذا كان سطح الزئبق فى الانبوبة والمستودع كما فى المانومترين فى مستو واحد وضع على الانبوبة فى محاذاة سطح الزئبق رقم ١ فاذا بلغ ارتفاع سطح الزئبق فى أنبوبة المانومتر ذى الهواء الخالص ٧٦ر، سنتيمتر وضع على أنبوبة المانومتر ذى الهواء المضغوط فى محاذاة سطح الزئبق رقم ٢ فاذا بلغ ٢ × ٧٦ر، سنتيمتر وضع فى محاذاة سطح الزئبق فى أنبوبة المانومتر ذى الهواء المضغوط رقم ٣ وهكذا



ش ١٢٩

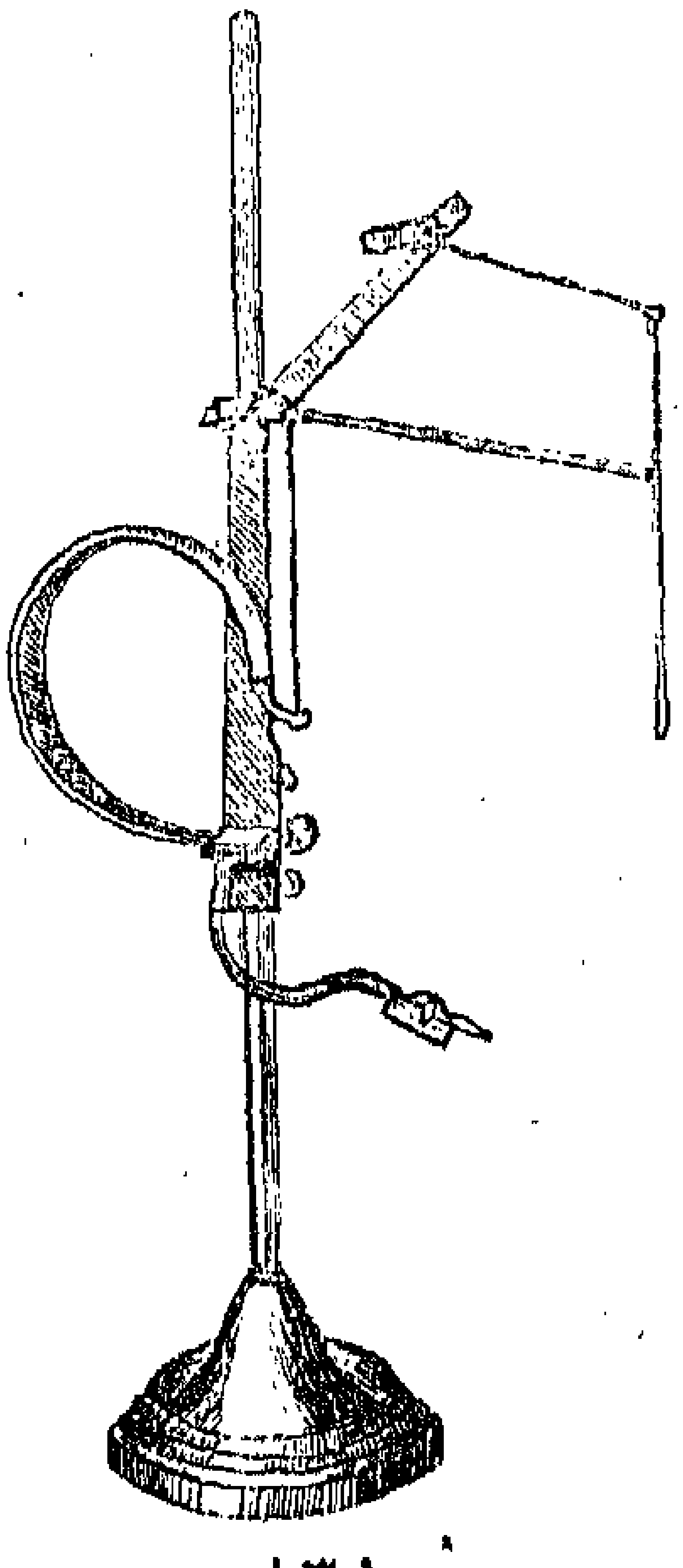
المانومتر المعدنى — هذا المانومتر معد لقياس قوة مرونة الغازات والابخرة أيضا وليس فيه زئبق وهو يتركب كما فى (شكل ١٣٠) من أنبوبة من النحاس الاصفر رقيقة الجدران قابلة للانثناء قطاعها ى على يسار الشكل ملفوفة لفا حلزونيا بعضها على بعض لفة ونصف طرفها ى مفتوح يتصل بأنبوبة ذات حنفية م بها يتصل المانومتر بالاناء

المحتوى على البخار أو الغاز المراد معرفة ضغطه والطرف الآخر مغلق يتصل بابرة فاذا اتصلت هذه الانبوبة باناء فيــه بخار فان ضغطه يحدث قلب انف الانبوبة فيتحرك طرفها المتصل بالابرة من اليسار الى اليمين ومعه الابرة وأمام هــذه قوس مدرج يعلم منه مقدار الضغط المحدث لهــذه الحركة أما هــذا التــدريج فيكون بمقارنة الجهــاز بمانومتر ذى هواء مطلق بان يوصــل المانومتران باناء يحتوى على غاز مضغوط كما سبق ذكره فى المانومتر المتقدم ولاجل الاضــغاط العظيمة يدرج بوضــعه تحت مكبس ايدروليكى يعين فيه الضغط بواسطة صمام يحمل أوزانا



ش ١٣٠

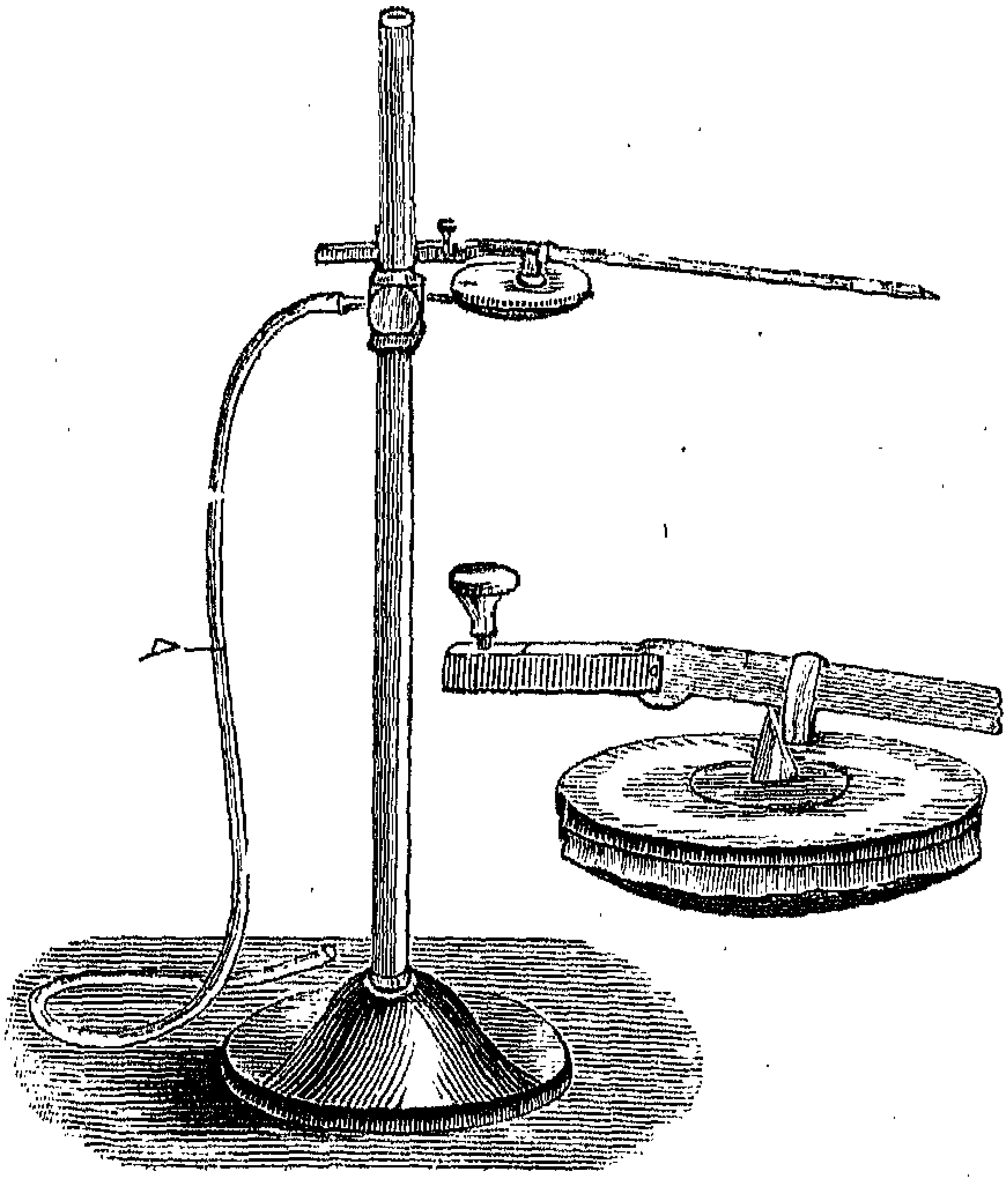
الكيموجراف المنسوب الى (فيك) هو من ضمن تطبيقات المانومترات المعدنية على قياس ضغط الدم وهو مكون من أنبوبة مجوفة مبططة (شكل ١٣١) يدخل فيها الدم من أحد اطرافها وهو الثابت والطرف الآخر به رافعة تنتهى بقلم حاسب ويوجد أنبوبة صلبة مثبتــة فى أنبوبة أخرى من الصمغ المرن تدخل فى الوعاء ويكون الجهــاز ممتلئا ابتداء بكــبريتات الصوديوم لتأخر تجمد الدم فالضغط الدموى يحدث توترا فى الانبوبة المرنة وتنتقل حركاته الى الرافعة ومنها الى القلم فهــذه الآلة تدل على تغــيرات الضغط بدون معرفة عظمها المطلق فهو محتاج الى تدريج بمقارنته بهيمودينامومتر زئبقى ومع ذلك لا يمكنه اعطاء دلالات أكيدة كهذه الآلات ولذلك يكون قليل الاستعمال



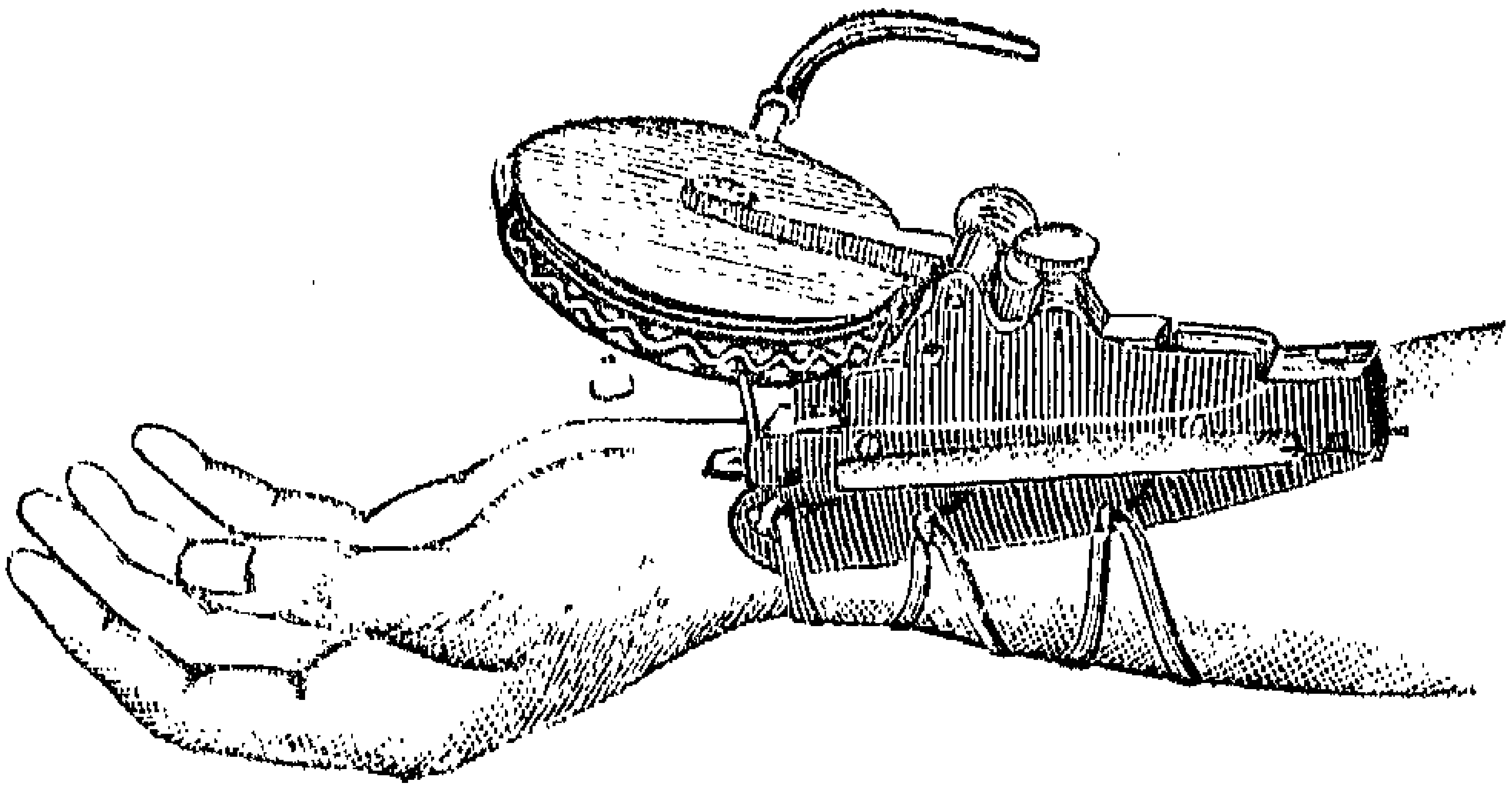
ش ١٣١

البوليجراف ـ هو اسم جهاز حاسب اخترعه كل من المعلم (ماريه) و (شوفو) سنة ١٨٦٢ وهو مستعمل فى دراسة جملة ظواهر ومؤسس على انتقال الاضغاط بالهواء فيدخل كرة صغيرة من الصمغ المرن فى العضو المراد قياس ضغطه متصلة بأنبوبة طويلة ح الى كرة أخرى مفرطحة (شكل ١٣٢) تحمل على أحد أسطحتها صفيحة معدنية رقيقة فتى ضغطت الكرة الاولى انطرد الهواء الموجود داخلها فى الكرة الثانية واحدث تمددها فيرتفع سطحها الحامل للصفيحة المعدنية وهذه الصفيحة حاملة قلما يهتز تابعا لحركاتها ويعلم اهتزازاته على اسطوانة فى حالة دوران ويوجد مسمار برمة معد لتثبيت الكرة المفرطحة فى الارتفاع المطلوب على حامل معدنى

و (شكل ١٣٣) يدل على تطبيقات الطريقة المتقدمة للاسفيجموجراف وهو جهاز معد لتعيين حركات النبض بالرسم فيوصل بأنبوبة الجهاز المستقبل المرسومة صورته فى (شكل ١٣٢) حركات النبض تنتقل بواسطة رافعة الى الطمبور ت بالهواء المنطرد من الكرة المفرطحة للمستقبل فيحرك الرافعة المتحركة

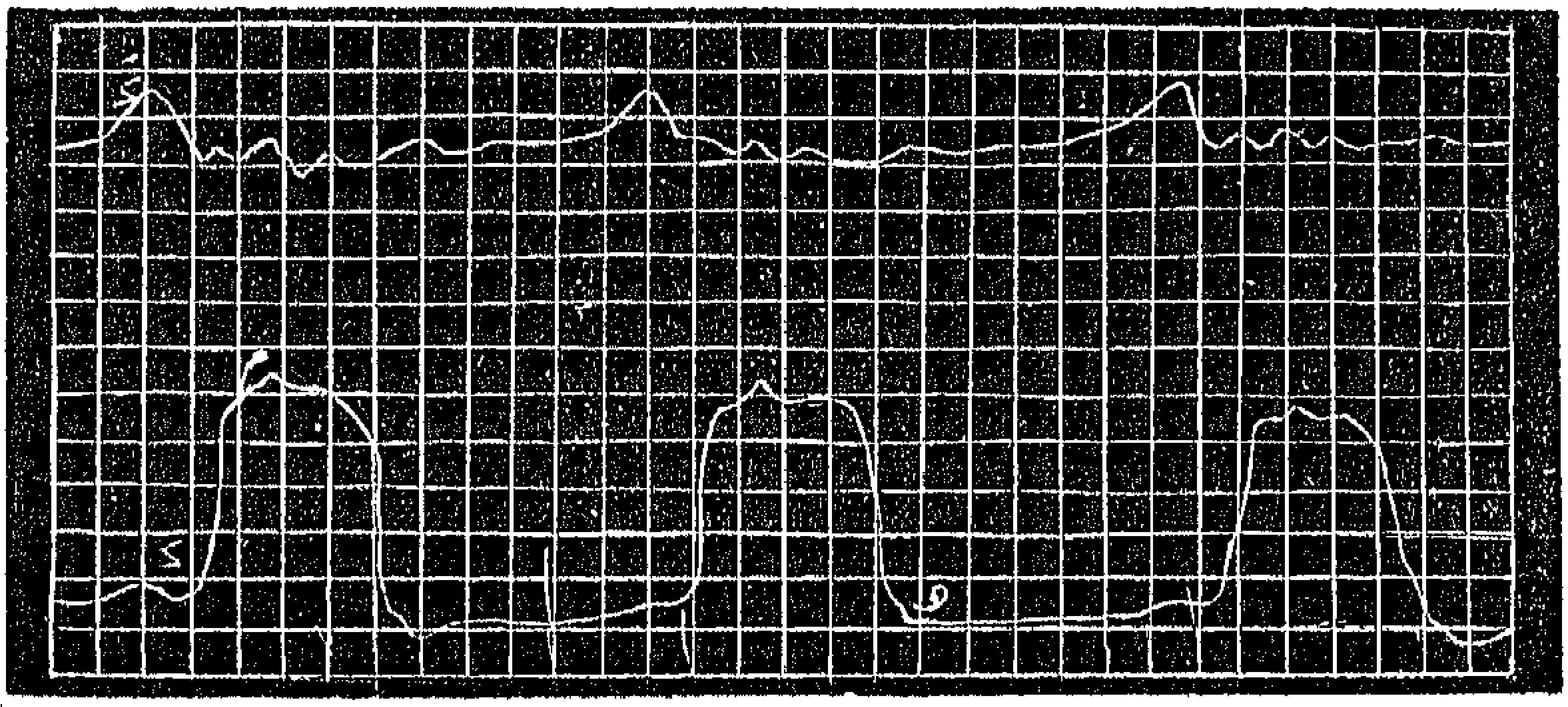


ش ١٣٢



ش ١٣٣

وقد طبق حركات هـذا الجهاز على حركات القلب كل من (ماريه) و (شوڤو) في باريس وسمياه (كارديوجراف) أي الراسم لحركات القلب و (شكل ١٣٤) يدل على رسم حركات الاذين الايمن والبطين الايمن للحصان على التعاقب بواسطة تمبورين يرسم قلماهما على اسطوانة واحدة في حالة دوران



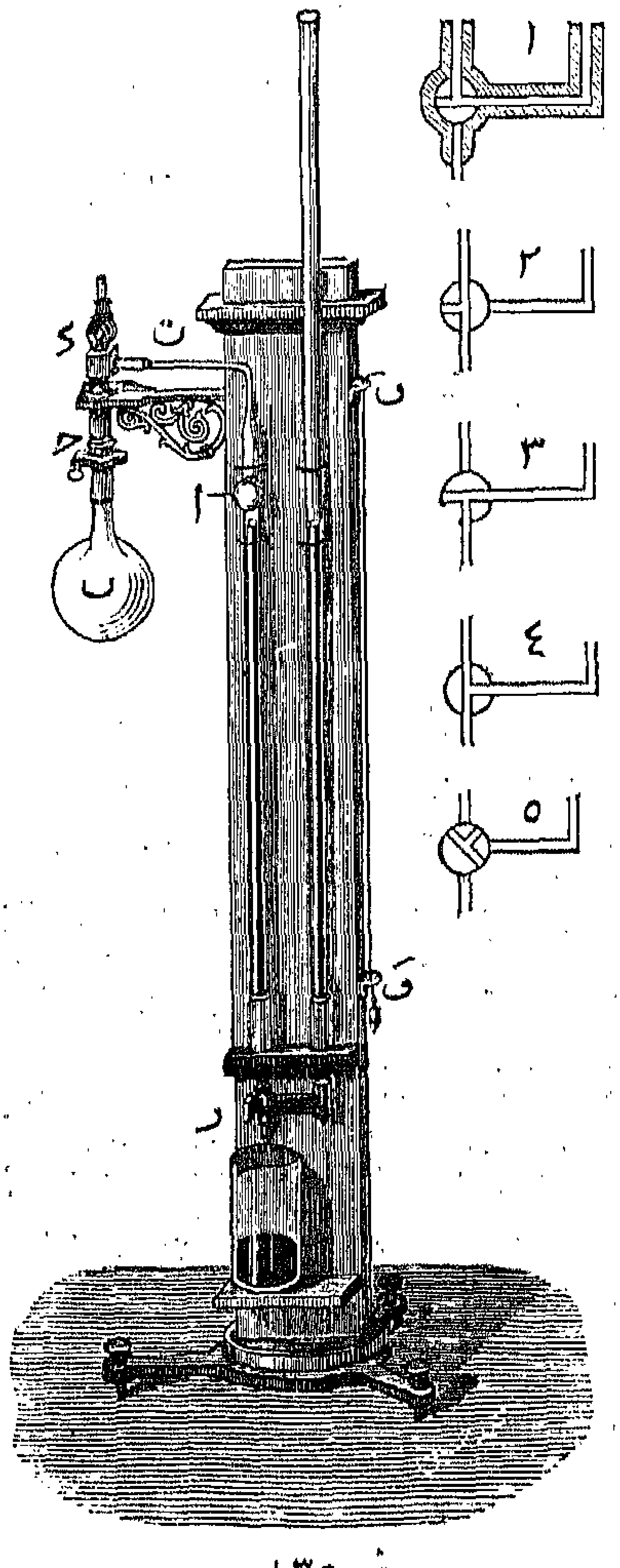
ش ١٣٤

وقد أدخلت الكـرات المقـابلة لهـذين التمبورين في القلب مارة من الوريد الوداجي الايمن

مقيــاس الاحجام

استعماله — هذا الجهاز الذى صورته فى (شكل ١٣٥) معد لتعيين الاحجام ويتبع ذلك تعين كثافات الاجسام التى لا يمكن ملامستها بسوائل أخر بدون أن يحصل فيها تغير ويستند فى ذلك على قانون (مريوط)

فيوزن الجسم ثم يدخل فى قبابة ب المتصلة بواسطة الانبوبة الضيقة ت بمانومتر ذى هواء خالص م له حنفية فى ر ذات ثلاثة مسالك والطرف المغلق يحمل جزأ منتفخا ا فى ملئ المانومتر بالزئبق لحد علامة موضوعة أعلى نقطة ا يفعل الفراغ فى القبابة والانبوبة ت بالحنفية د ومتى كانت هذه الحنفية مغلقة يخرج الزئبق من الحنفية ر حتى يقف فى نقطة أخرى فى الفرع المغلق موضوعة أسفل ا ويشاهد أن سطح الزئبق فى الفرع المفتوح انخفض زيادة لان الغاز الباطنى تمدد وصار ضغطه أقل من الضغط الجوّى فيقاس الفرق ضَ للسطحين والارتفاع البارومتر ض ومن ذلك يتحصل على حجم الجسم



ش ١٣٥

فمثلا س حجم الجسم و ع حجم القبابة ب والانبوبة ت فى العلامة الاولى و عَ حجم الانتفاخ ا من ابتداء هذه العلامة الى العلامة الثانية ففى الجزء الاول من التجربة كان الهواء يشغل حجم ع — س تحت الضغط الجوّى ض وفى الانتهاء صار حجمه ع — س + عَ وضغطه ض — ضَ وحيث ان الكتلة لم تتغير فيمكن تطبيق قانون (مريوط) على هذه التجربة فيتحصل على

$$(ع - س) ض = (ع - س + عَ) (ض - ضَ)$$

ومن ذلك يتحصل على

$$س = ع - عَ \frac{ض - ضَ}{ضَ}$$

ومن ذلك يعلم أنه يكون من الضرورى معرفة ع و عَ ويكفى الحصول عليهما مرة واحدة فلاجل قياس عَ تفتح الحنفية د بطريقة مناسبة لخروج الزئبق من الفرع المغلق حتى يصل من العلامة الاولى الى الثانية ويبقى الفرع الطويل منعزلا ثم يوزن الزئبق ويؤخذ حجمه وللحصول على ع تفعل تجربة مشابهة للتى ذكرناها بدون وضع شئ فى القبابة فالحجم الابتدائى للغاز يكون ع وحجمه الانتهائى يكون ع + عَ واذا كانت ارتفاعات الزئبق ضَ و ضً يتحصل على

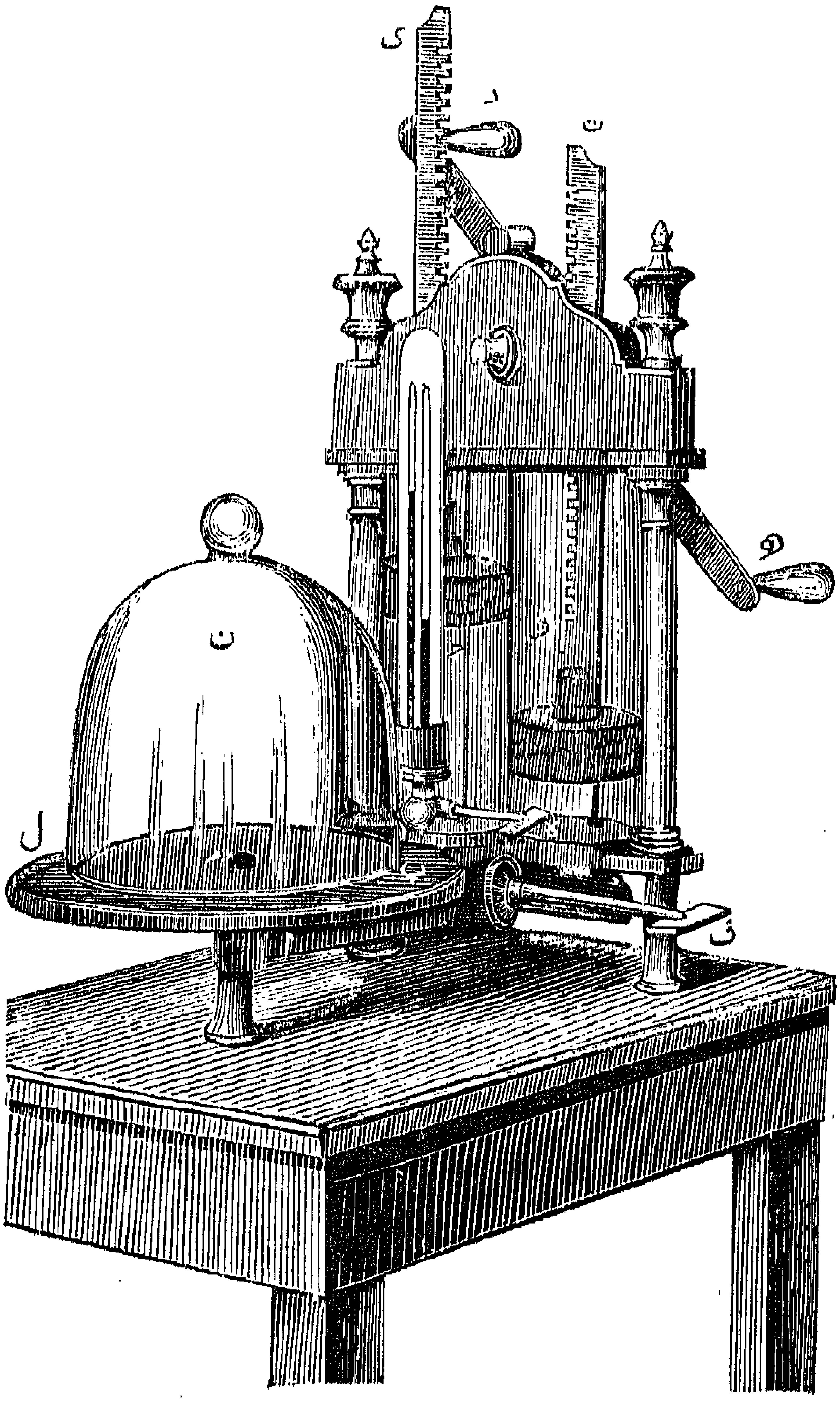
$$ع ضَ = (ع + عَ) (ضَ - ضً)$$

الآلات المفرغة وآلات الضغط

طريقة الآلة المفرغة المعتادة — قد اخترع هذه الآلة سنة ١٦٥٠ (اوتو) من (جيريك) وهى معدة لتخلخل الهواء فى مستودع وتتركب كما فى (شكل ١٣٦) من جسمى طلمبة ح و د من البللور معتنى بصنعهما يكونا اسطوانتين يدخل فى كل واحد منهما مكبس وهما يتصلان من أسفل بقناة واحدة من الحديد الظهر ا وينتهى طرف هذه القناة م فى مركز قرص الآلة ل ب وهو قرص مستدير من البللور مصنفر من وجهه العلوى لصيرورته مستويا فاذا أريد وضع شئ فى الفراغ وضع على هذا القرص وغطى بناقوس ن حافته مصنفرة أيضا بعد دهن هذه الحافة بدهن حتى لا يكون بينها وبين القرص فضاء وفى طرف القناة م برمة يركب عليها الآلات المراد عمل الفراغ فيها وكذا الانابيب التى يقصد بها توصيل الاجهزة بالآلة المفرغة اذا لم يمكن وضع تلك الاجهزة على الآلة مباشرة

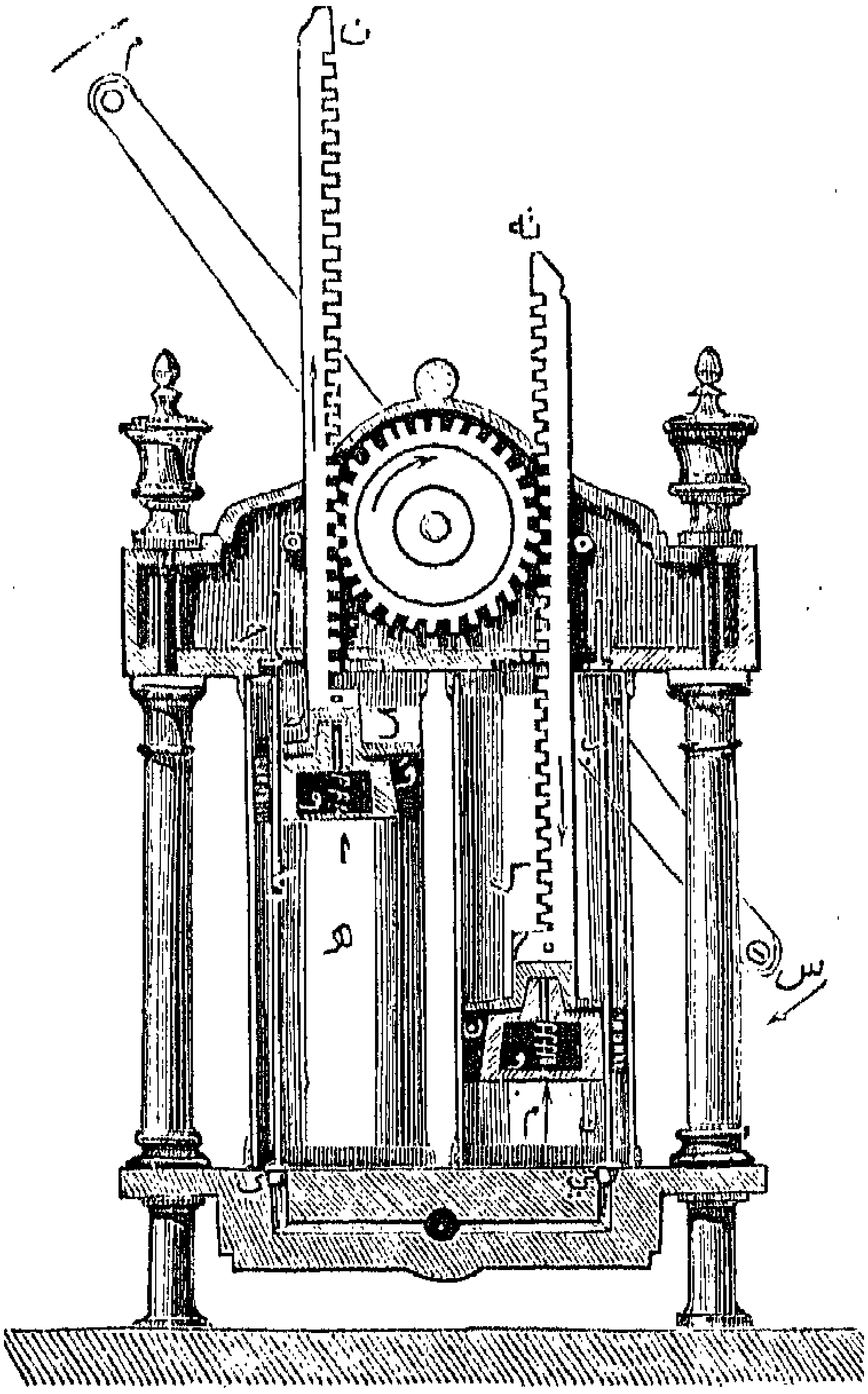
ولاجل شغل هذه الآلة يكفى ان نعتبر ما يحصل فى احدى الاسطوانتين حيث ان الثانية مشابهة لها فنقول ان المكبس مكون من دوائر من الجلد مضغوطة بين دائرتين معدنيتين (شكل ١٣٧) ضم بعضها الى بعض بضاغط برمى ليكون الجلد منطبقا انطباقا تاما على الجدار الداخل لجسم الطلمبة وفى محور القطعة المعدنية الضامة للاقراص قناة تنفتح الى الخارج فيها صمام مغلق بقرص معدنى و على الفتحة ا وبواسطة زنبلك ملتف حول ساق

عموديه على القرص يكون هـذا القرص ضاغطا بلطف على الفتحة ا ويمر فى المكبس باحتكاك لطيف ساق حـ ى بحيث يحركها المكبس معه فاذا لامست نقطة ثانية فانها تنزلق فلا تتبع حركة المكبس وينتهى طرف هذه الساق بزر مخروطى يدخل باحكام فى فوهة القناة ى وفى طرفها العلوى مانع به يشكى الساق على القاعدة العليا لجسم الطلمبة متى تحرك المكبس الى أعلى قليلا ليمنع حركة الساق



ش ١٣٦

و يتحرك كل مكبس بساق مسننة ن ته يتعشق فى طارة مسننة موضوعة فى قطعة معدنية تعلو الاسطوانتين وهذه الطارة تحرك بيد ذات فرعين لكل واحد منهما قبضة م س وبحركة الطارة يرتفع أحد المكبسين حال انخفاض الاخر على التعاقب



ش ١٣٧

ولبيان سير هذه الآلة نفرض ان أحد المكبسين منخفض لقعر جسم الطلمبة ثم أخذ فى رفعه فان الزر المعدنى يرتفع قليلا عن الفتحة ى وبعد قليل تقف الساق حـ ى عن الحركة لملامسة المانع المنتهية به من أعلى الى القاعدة العليا لجسم الطلمبة فيتحرك المكبس وحده فيشغل الهواء المحصور تحت الناقوس بسبب تباعد الزر عن فتحته وحصول الاتصال بين الناقوس وجسم الطلمبة حجما آخذا فى الازدياد ولهذا تأخذ مرونته فى التناقص وفى هذا الزمن يكون القرص و مغلقا للفتحة ا حيث انه يحمل من أعلى ضغط الهواء الجوى وهو أعظم من الضغط الحاصل عليه من أسفل وهو ضغط هواء الناقوس فاذا وصل المكبس الى

منتهى سـيره وأخذ فى العودة أى النزول الى أسفل فان الساق ح ى تتحرك معه فيسد الزر الفتحة ى فتنقطع المواصـلة بين الناقوس وجسم الطلمبة وتأخذ مرونة الغاز الذى انحصر فى جسم الطلمبـة تحت المكبس فى الازدياد بسبب أخذ المسافة التى يشغلها فى النقصان فاذا زادت عن ضـغط الهواء فان القرص و يفارق الفتحة ا فيخرج جزء من الهواء الى أن يصل المكبس الى منتهى سيره وتحصل هذه الظاهرة كلما صعد المكبس ونزل أى فى كل كبسة

حد الفراغ ـ ضـغط الهواء الموجود فى باطن الناقوس ينقص فى كل حركة من حركة المكبس والمهم معرفته هو صيرورته معدوما أولا واذا كان يمكن عمل فراغ تام فمن السهل معرفة انه لا يمكن الوصول الى هذا الحد فاذا فرضنا ان سعة الناقوس ١٠ ليتر والمستودع ليتر وفى كل حركة ارتفاع للمكبس يمر فى جسم الاسطوانة $\frac{1}{11}$ من وزن الهواء الموجود فى الجهاز وفى حركة الانخفاض تنقذف نفس هـذه الكمية الى الخارج فيبقى حينئذ بعد كل حركة مكبس $\frac{10}{11}$ من وزن الهواء الموجود من قبل وحينئذ فوزن الهواء الباقى لا يصير معدوما مطلقا

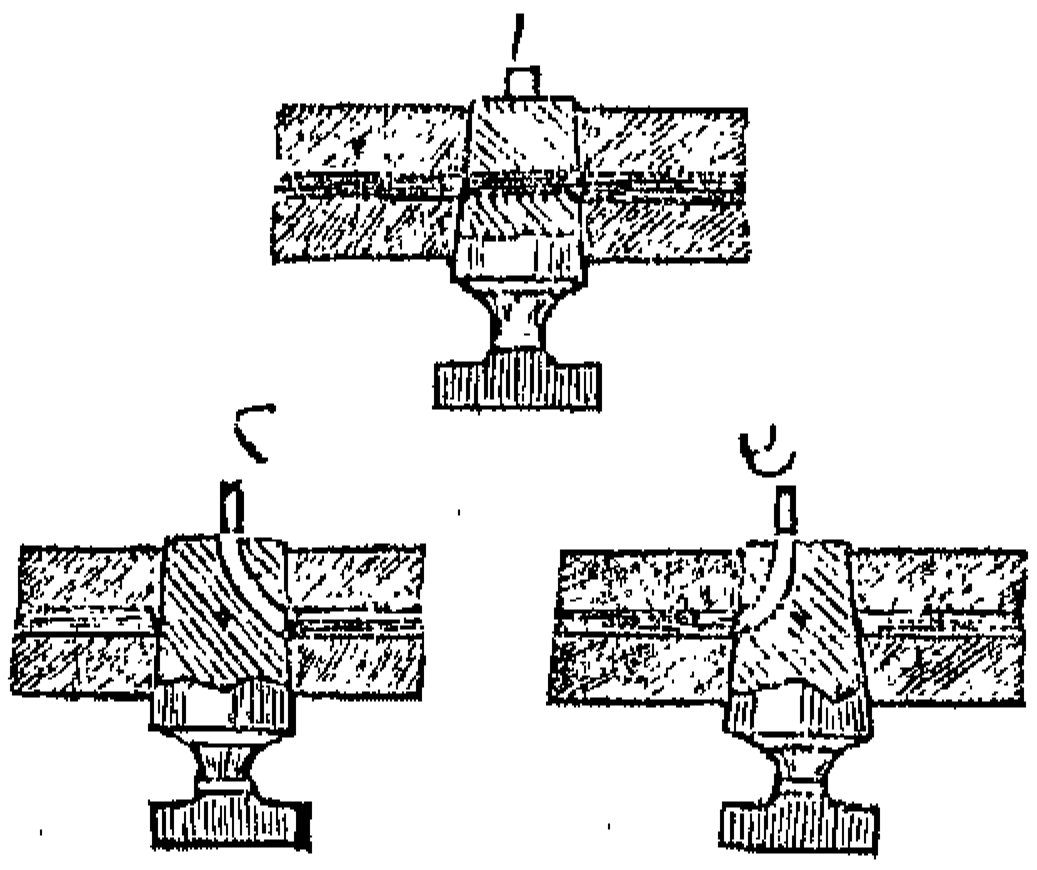
وعدم الضبط هـذا لا يكون شـيأ معتبرا اذا لم يمكن الوصول الى فعـل الفراغ التام فيمكن الحصول بالاقل على درجة فراغ كافيـة زيادة عن المرغوب ويكفى لذلك تحريك المكبس جملة مرات لان كل حركة جديدة تزيد فى حصول التخلخل وفى العمل يكون الامر بخلاف ذلك لانه يأتى وقت من الاوقات تكون فيه الحركة غير مفيـدة فان درجة الفراغ لا تزيد وزيادة عن عدم الضـبط توجد المسافة المضرة التى بين قاعدة جسم الطلمبة والمكبس فاذا كان منخفضا فان الملامسة لا تحصل بالضبط مطلقا وكذلك متى صار الضغط ضعيفا فان حجم الهواء الذى يشغل جسم الطلمبـة يمكن اختزاله الى حجم المسافة المضرة بدون أن يفوق الضغط الجوى وحينئـذ لا يكون له قدرة على رفع القرص و ولا يحصل الفراغ

استعمال جسمى الطلمبة ـ آلة (أوتو) تقرب كثيرا من التى ذكرناها لكن الآلات التى تفعل الآن تخالفها بالكلية فمن المعلوم أن الضغط الواقع فى هذه الآلات على السطح العلوى للمكبس يكون متكافئا ابتـداء تقريبا بضغط الهواء الموجود فى باطن جسم الطلمبة ويكون الامر بخلاف ذلك عند انتهاء العمل متى صار الهواء متخلخلا فى باطن الجهاز وحينئذ يلزم قهر الضغط الجوى عنـد رفع المكبس فيكون العمل صـعبا فلاجل منع هـذه الصعوبة جعـل فى الآلات الحالية جسما طلمبة وساقا المكبسين متعشقتان كما ذكر فبهذا الوضع يكون دائما مكبس نازلا أثناء صعود الآخر وبذلك يكون الضغط الواقع على سطحيهما العلويين متكافئا

المانومتر ــ من اللازم معرفة قيمة الضغط الجوى التى توجد فى الناقوس فى كل وقت حتى يتحقق من جودة وظيفة الآلة ومعرفة حد الفراغ الذى وصل اليــه فلاجل ذلك يوضع على الانبوبة الموصلة جسمى الطلمبة بالمســتودع مخبار من الزجاج السميك فيــه مانومتر مكوّن من أنبوبة منحنية على هيئة نعل الفرس ارتفاعها نحو ٢٠ سنتيمترا تقريبا أحد أطرافها مسدود مملوءة بالزئبق بكيفية البارومترات فتى كانت مرونة الهواء الداخل أكثر من ٢٠ سـنتيمترا لا ينخفض الزئبق لكن متى فارق هذا الحد انخفض الزئبق فى الجهاز وهذا لا يحصل الا بعد فعل المكبس جملة حركات ويعلم فرق الضغط من الفرق بين سطحى الزئبق فى الفرعين والفرع المغلق فيه اختناق قليل نحو جزئه العـلوى لاجل بطء سرعة الزئبق ومنع كسر الزجاج من مصادمة الزئبق عند ترك الهواء للدخول فجأة وتوجد حنفية لعزل المانومتر فى الاحوال التى لا لزوم له

الحنفية ــ يوجد فى القناة الموصـلة جسمى الطلمبة بالمســتودع حنفية معدة لعزل المستودع متى أريد حفظ الفراغ ولدخول الهواء متى انتهت التجربة

وهذه الحنفية كما فى (شكل ١٣٨) مثقوبة أول ثقب نافذ فيها نفوذا تاما معد لاتصال جسمى الطلمبة بالمســتودع متى أريد فعل الفراغ وبها قناة أخرى منحنية تتصل الى الخارج بفتحة تسدها ســدادة معدنية فالفتحتان توجدان فى سطحين عموديين على بعضهما مارين بمحور الحنفية ولاجل فعل الفراغ يوضع مفتـاح الحنفية فى الوضع ١ الذى يحدث اتصال المستودع بجسمى الطلمبــة ومتى انتهى العمل وأريد حفظ الفراغ



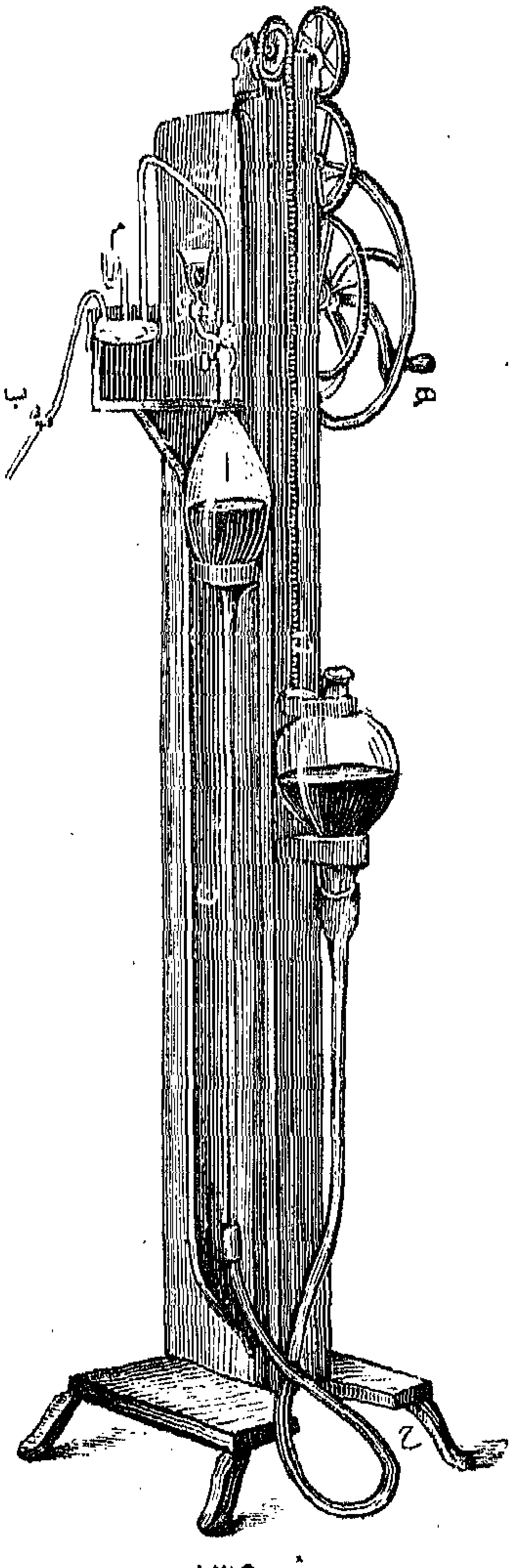
ش ١٣٨

مدة من الزمن أدير المفتاح فى الوضع ٢ وهـذا الوضع يسمح للهواء بالدخول فى جسمى الطلمبة وعزله عن المستودع وفى الوضع ٣ يشاهد كيفية دخول الهواء فى المستودع عند انتهاء التجربة

طريقة (بابينيه) ــ قد تصور (بابينيه) طريقة تسمح للحصول على فراغ جيـد وقد علمنا أن الآلة يقف شغلها عند عدم اعتبار دخول الهواء ولا يعتبر الا المسافة المضرة متى أمكن احالة الهواء الموجود فى جسم الطلمبة الى حجم المسافة المضرة بدون أن يفوق عن الضغط الجوى واذا وصلت هذه المسافة الى جسم الطلمبــة الثانى الذى مكبسها مرفوع فان جزأ من الهواء الموجود فيه وينقذف الى الخارج بانخفاض المكبس لكن جسم الطلمبــة الاول يمكن أن يقبل كمية أخرى من هواء المستودع حيث انه فقد جزأ من الذى كان محتويا عليه وبذلك تكون

كمية ضغطه قد نقصت وحينئذ لا يوجد الا جسم طلمبة واحد يكون متصلا بالمستودع والآخر يكون معدا لفعل الفراغ فى الاول

وهنالك أنواع أخر من الآلات المفرغه فيها استبدل الحركات المتعبة الموجودة فى الآلات المعتادة خصوصا فى آلة (بيانكى) و (ودولويل) لانذكر منها هنا الا الآلة الزئبقية التي اخترعها (جيسلير) وشغلها (القيرنيا) وهى الاكثر استعمالا فى التطبيقات الفسلوجية وتتكون من قبابتين من الزجاج ا و ب (شكل ١٣٩) منضمتين بواسطة أنبوبة من الصمغ المرن ح محتوية على الزئبق واحدى هاتين القبابتين وهى ا ثابتة وتتصل على التعاقب بالمستودع المراد فعل الفراغ فيه بواسطة حنفية ب ومع الجو بحنفية د والقبابة ب مثبتة فى سلسلة تمر على عجلة مسننة تدور بواسطة يد هـ وفى أثناء الدوران ترتفع وتنخفض هذه القبابة فمتى كانت فى الجزء السفلى كما هو مشاهد فى الشكل انخفض الزئبق وترك قبابة ا التى تملأ بهواء المستودع فمتى صعدت القبابة ب تغلق الحنفية ب وتفتح الحنفية ر فالزئبق يملأ القبابة ا ويطرد الهواء الى الخارج ومتى انخفضت القبابة ب يغير الاتصال فيجذب هواء المستودع ثانيا والمستودع و يحتوى على حجر الخفاف المتشرب بحمض الكبريتيك لمنع رطوبة المستودع المراد فعل الفراغ فيه أن تصل الى الزئبق ويوجد مانومتر م يشبه مانومتر الآلات المعتادة وقد تحذف

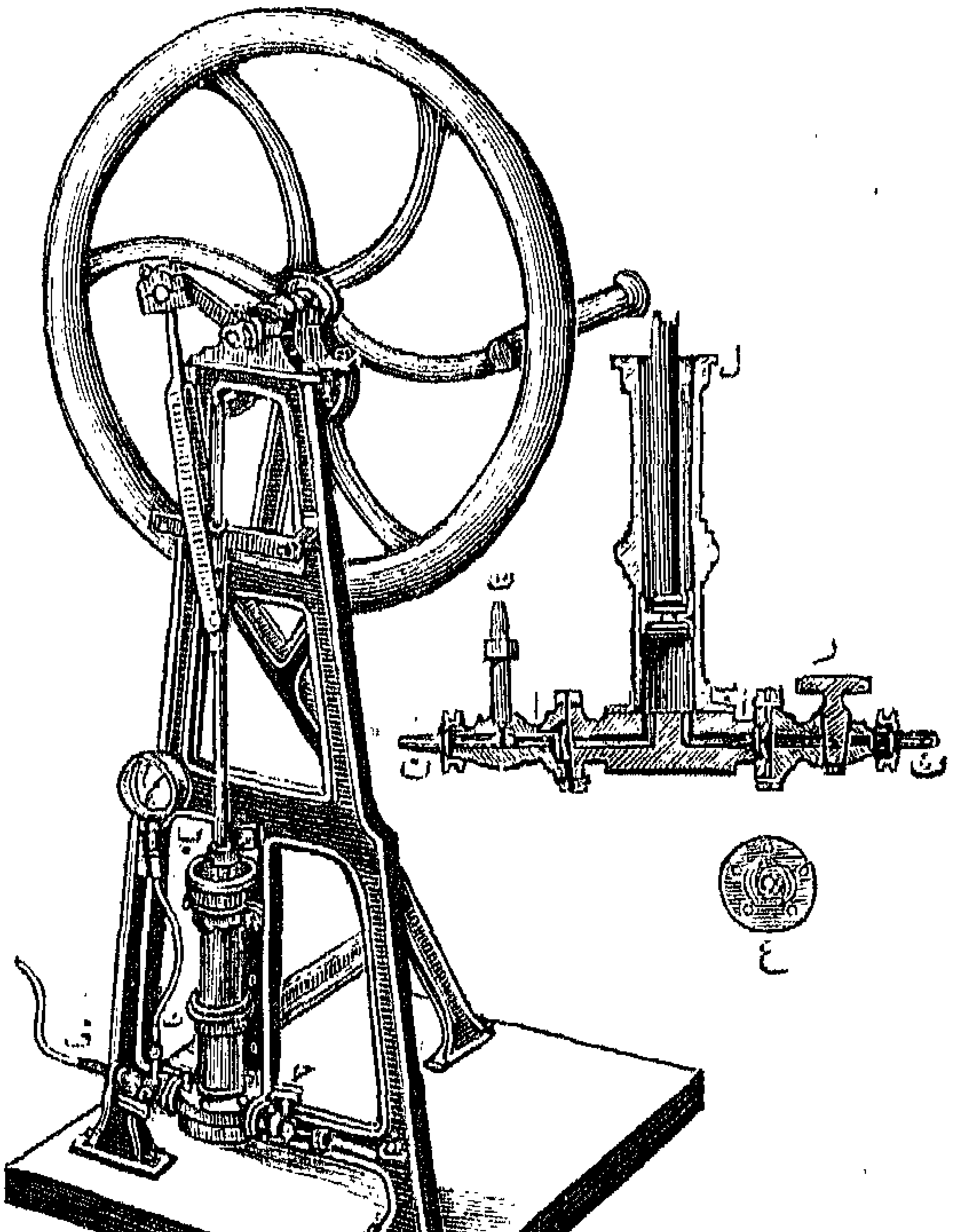


ش ١٣٩

الحنفيات الزجاج من بعض الآلات وذلك لعدم توسيخها بالشحم والحصول على تغليق محكم

وهذه الآلة تحدث فراغا مضبوطا ما أمكن فيمكن احالة الضغط الى $\frac{١}{١٠}$ من المليمتر وهى مستعملة خصوصا للحصول على غازات الدم ولهذا القصد يوجد فى الفتحة ح أنبوبة تصاعد معدة لاجتناء الغاز المنقذف المراد تحليله

وأما آلات وطلمبات الضغط فتستعمل لضغط أى غاز ويمكن استعمال الآلة المفرغة المعتادة وذلك بجعل الصمامات منعكسة ويستعاض المانومتر بمانومتر ذى هواء مضغوط مثبت جيدا ويثبت المستودع جيدا على قرص الآلة لكن المختار هو استعمال آلات جامدة وقليلة الثمن تخدم لضغط الغازات وتخلخلها



ش ١٤٠

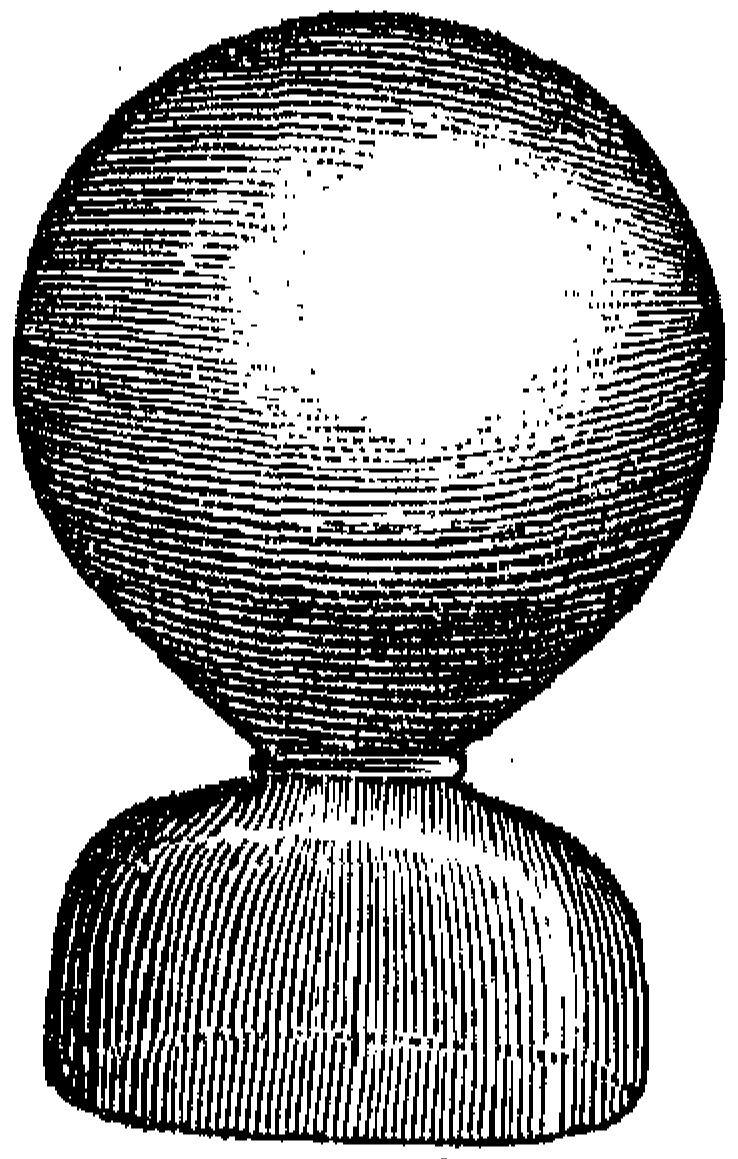
وتتركب هذه الطلمبات على العموم من جسم طلمبة فيها مكبس مصمت (شكل ١٤٠) وفى قاعها صمامان ا و اَ ينفتحان فى اتجاه واحد من ث الى ن واذا كانت الانبوبتان ث و ن تتصلان بمستودعين ورفع المكبس فالفراغ الذى يحصل فى جسم الطلمبة يجذب الغاز الموجود فى المستودع ث من خلال الصمام اَ وفى أثناء نزول المكبس ينضغط

هذا الغاز وينطرد من ا الى المستودع ن والجهاز ثابت فى الارض أومرتكز على قاعدة ثقيلة جدا تثبته ويشغل المكبس إما بواسطة يد من الخشب مستعرضة يمكن القبض عليها باليدين أو كما هو مشاهد فى الشكل بواسطة ذراع مفصلى وطارة ويوجد طيارة لتنظيم الحركات

تطبيقات الهواء المتخلخل والمضغوط ـ المحاجم ـ يستعمل الفراغ فى الكيميا التركيز بعض السوائل ولاجل تنقيص درجة الغليان وهذا يسمح لحصول الغليان بدون حصول بعض تحليل والهواء المضغوط مستعمل فى تهوية الاستباليات والصالات وغيرها ومستعمل أيضا فى بناء الاعمدة والقناطر وفى حفر الجبال وجذب العربات وفى باريس توضع التلغرافات فى علبة مكوّنة لمكبس تدخل فى باطن أنبوبة وتمر فيها بضغط الهواء خلفها وفعل الفراغ أمامها

والمحاجم هى عبارة عن نواقيس صغيرة من زجاج توضع على أجزاء من البدن بعد فعل الفراغ فيها كثيرا أو قليلا فيحمر الجلد وينتفخ فى محاذات النقطة الموضوعة عليها بسبب قلة الضغط فوقها وهروع الدم وسوائل البنية نحوها وهذه العملية تسمى الحجامة وهى نوعان جافة ورطبة فالجافة هى التى لايخرج فيها الدم من البنية بخلاف الرطبة فانه يخرج فيها الدم بعد فعل جملة تشاريط وكيفية ذلك هى أن يوضع المحجم ابتداء لحصول انتفاخ الجلد وورود الدم ثم تفعل التشاريط ويركب المحجم ثانيا فيخرج الدم بكثرة

ولاجل تخلخل الهواء فى المحاجم يلهب فيها قليل من الورق أو القطن أو تسخن على مصباح كؤلى فاذا امتلئ المحجم بالهواء الحار وضع على الجزء المراد حجامته فتنقص مرونته بالتبريد وقد يكون بالمحجم أنبوبة يركب عليها طلمبة ماصة لتخلخل الهواء وأحيانا يفعل تخلخل الهواء بواسطة المص كما كان حاصلا قديما ويغلق اما بواسطة حنفية أو بقطعة رقيقة من الجلد كما يشاهد عند الحلاقين والمرسوم فى (شكل ١٤١) محجم بسيط فى استعماله فهو قليل الارتفاع وفى جزئه العلوى أنبوبة يركب عليها كرة مجوّفة سميكة الجدران من الصمغ المرن وللعمل به تضغط بين الاصابع فينطرد مافيها من الهواء ويوضع حينئذ على المكان المراد عمل الحجامة فيه وترفع الاصابع عن الكرة فيتخلخل الهواء لكونه يشغل مسافة أوسع مما كان يشغلها ولاجل رفع المحجم يكفى ضغط الجلد بالاصبع فى نقطة مجاورة لحافة المحجم فالهواء يدخل بانخفاض الجلد وينفصل المحجم

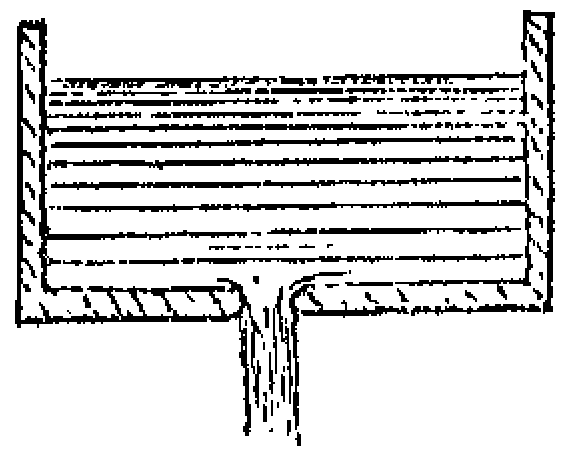


ش ١٤١

الايدروديناميك

دعوى (تورسللى) المراد من هـذا الاسم حركات السوائل ولانذكر منها هنا الا القواعد البسيطة خصوصا التى تنطبق على الدورة

فاذا فرضنا ابتداء اناء مفتوحا من جزئه العلوى ومملئا بسائل سطحه ثابت وفرضنا فعل فتحة فى قاعه جدارها رقيق جدا حتى ان السائل يمر منها بدون أن يحدث أدنى احتكاك فى حافتها (شكل ١٤٢) فسرعة السـيلان أعنى السرعة التى تكتسبها جزيئات السائل عند مرورها من الفتحة تزداد ابتـداء بسرعة ثم تأخذ فى الحال قيمة ثابتة ويكون السيلان فى حالة مستمرة وهذه هى التى نعتبرها والذى أبان هذه الظاهرة هو (تورسللى) وأعطى فى سنة ١٦٤٣ القاعدة الآتية وهى

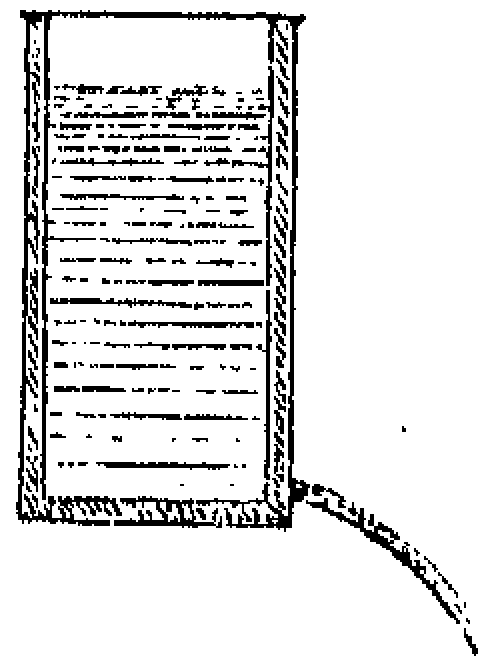


ش ١٤٢

ان كل سائل يسـيل من فتحة مسـطحة مفعولة فى جدار رقيق سرعته لا تتعلق بطبيعته بل تساوى السرعة التى يأخذها الجسم الثقيل الساقط فى الفراغ من ارتفاع يساوى المسافة من السطح العارى الى مركز ثقل الفتحة

وزيادة على ذلك فان هذه السرعة تكون دائما عمودية على الجدران

ويمكن تحقيق هذه القاعدة بالتجربة بواسطة أى وضع كان يسمح بوجود سطح ثابت فى الاناء فاذا كانت الفتحة فى سطح أفقى فان السائل يحدث نزوله خطا رأسيا واذا فعلت فى جدار رأسى فان جزيئات السـائل تنقاد الى سرعة السـيلان التى هى أفقيـة ولتأثير الثقل فى آن واحد وتكوّن مماسا شكله قطع مكافئ كاف (شكل ١٤٣) ويكون الامر كذلك أيضا اذا فعلت الفتحة فى جـدار منحدر واذا وجد فى قاعدة المسـتودع انبوبة أفقيـة لها فتحة أفقيـة أيضا متجهة الى أعلى فان سلسول السائل يميـل الى الارتفاع بالنسـبة لسرعته وموازاة السطح العارى ولو أنه فى الحقيقة لم يصل الى ارتفاع هذا السطح بالنسبة لمقاومة الهواء ومصادمة النقط النازلة النقط الصاعدة



ش ١٤٣

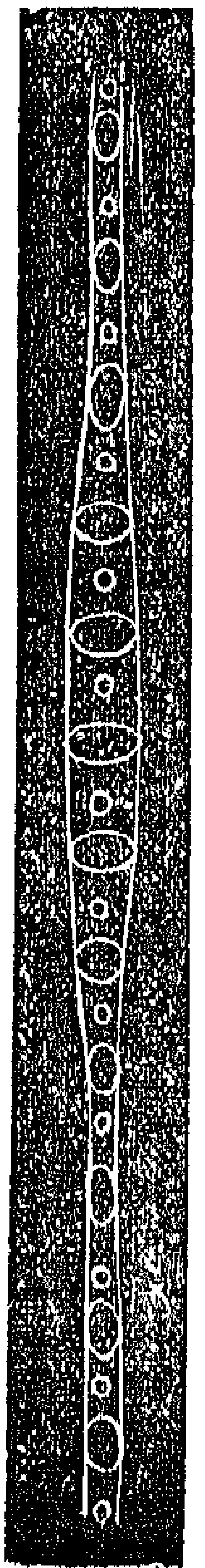
وجميع هذه الحيثيات المتعلقة بقاعدة (تورسللى) يمكن تحقيقها بالتجربة

المنصرف ـ المعنى بذلك حجم السائل الذى يسـيل من الفتحة فى مدة من الزمن ولتكن ثانية مثلا فيشاهد أن النقط اذا استمرت على الحركة بسرعة ثابتـة بعد خروجها من الفتحة تكوّن فى مسافة ثانية اسطوانة قاعدتها الفتحة وطولها المسافة المقطوعة فى مدة ثانية أعنى

سرعة السيلان فيكون قياس المنصرف مدة ثانيــة هو ناتج سطح الفتحة فى سرعة الســيلان فاذا جنى السائل المنصرف مدة هذا الزمن فى اناء مدرج شوهد أنه أقل من هذا الناتج بكثــير وان الصرف الحقيقى يكون ٦٢ ر. بالنسبة للصرف النظرى

انقباض سلسول السائل ـ الفرق بين المنصرف النظرى والمنصرف المشاهد ناشئ عن كون السائل الذى فى حالة السيلان لم يأت من الجزء الموضوع فوق الفتحة فقط بل من الاجزاء الجانبية أيضا فاذا اعتبرنا مثلا فتحة مفعولة فى جدار أفقى كما فى (شكل ١٤٢) فان أخيطة السائل الآتية من الجزء المركزى للاناء تكون وحدها خطوطا تقريبا رأسية والنقط التى تأتى من الدائر قرون الفتحة منحدرة فالسلسول يأخذ حينئذ فى الانقباض حتى ان خيوطه المختلفة المكونة له تأخذ حركة عمودية بالنسبة لتأثيراتها المختلفــة فيشاهد حينئذ انه عنــد خروج السلسول من الفتحة الى مسافة منها مساوية تقريبا النصف قطرها يكون شكله مخروطيا ثم يصير اسطوانيا وقطاعه الصــغير الذى يشاهد يسمى القطاع المنقبض وتسمى قابليــة الصرف بالارتباط الذى به يضاعف الصرف النظرى للحصول على الصرف المشاهد فيكون مساويا للارتباط بين القطاع المنقبض والفتحة فيكون على العموم ٦٢ ر.

فاذا رمزنا بالحرف م للمصروف النظرى وبالحرف ن لقطاع الفتحــة وبالحرف ر لارتفاع السائل يكون فى الثانية الواحدة $م = ن \sqrt{٢ج ر}$


ش ١٤٤

تركيب سلسول السائل ـ اذا بحث عن سلسول سائل من ابتداء القطاع المنقبض يشاهد ابتداء انه عديم اللون فى بعض من طوله ويكون شكله اسطوانيا مخروطيا قليلا ثم بعد ذلك تتغير هيئته ويصير عكرا وثخينا وكأنه محدب ومتقطع مكون من نقط منفصلة وهــذا هو حقيقة ما يحصــل لكن هذه النقط تتعاقب بسرعة عظيمة بحيث انها تحدث فى أعيننا تأثير الضوء المتحرك بسرعة وذلك مثل القطعة المتقــدة من الفحم التى بدورانها بسرعة تشاهد كأنها حلقــة من النــار ولاجل منع هــذا التأثير والتحقق من التركيب الحقيقى للسلسول يلزم التأمل له مسافة قصــيرة من الزمن حتى ان النقط تظهر كأنها تقريبا غير متحركة ويحصل على ذلك بجملة طرق إما اضاءته بالشرر الكهربائى الذى مدته قليلة جدا أو ينظر اليــه بواســطة الآلة المسماة (فينا كيستوسكوب) فيرى انه مكون من نقط تتذبذب مدة سقوطها بين الشكل البيضاوى المفرطح فى الاتجاه الرأسى أو الافقى مارة بالشكل الكروى (شكل ١٤٤) ففى الشروط المعتادة من المشاهدة تحدث

هـذه النقط المتعاقبـة المنتفخة والمستطيلة في السلسول انتفاخات واختناقات متعاقبة تسمى بطونا وعقدا وتفصل هذه النقط نقطا أخرى صغيرة ذوات شكل مختلف تكون قناة مستمرة في اتجاه السلسول اذا نظر اليها مع التأمل

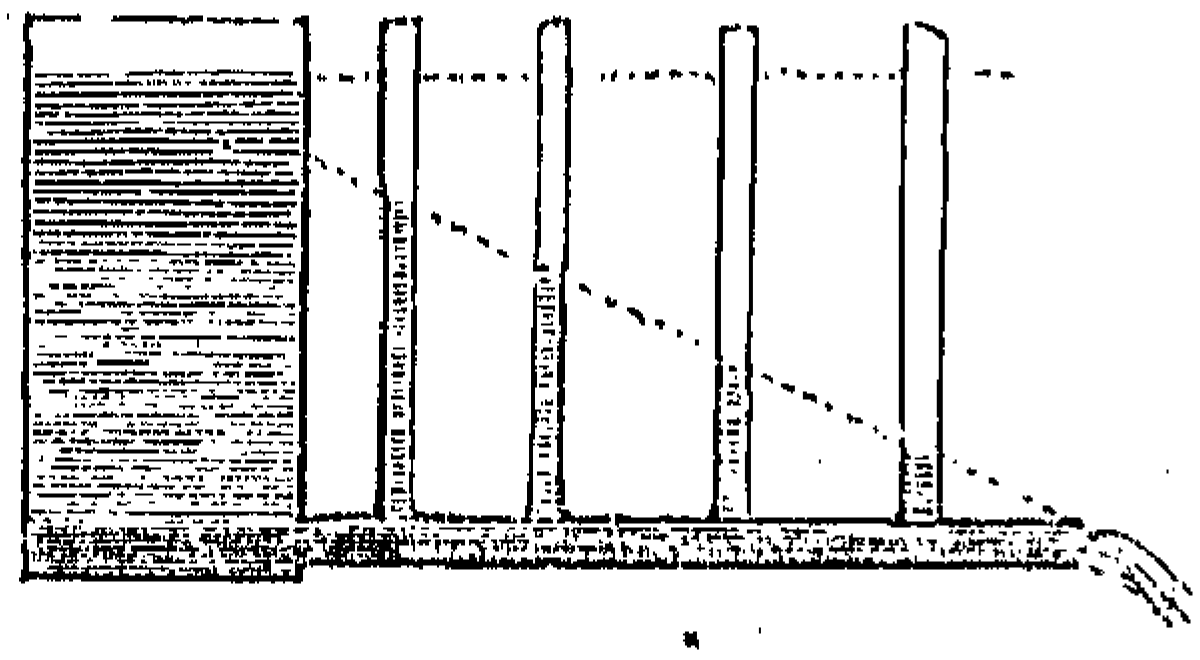
تأثير الانابيب ــ سيلان السائل لا يكون واحدا اذا استعيضت الفتحة في الجدار الرقيق بفتحة في جدار سميك أو وفق عليها أنبوبة قصيرة الطول فاذا كانت الانبوبة اسطوانية فان التجربة تدل على ان السرعة تنقص ولا تكون الا ٠٫٨٢ عن التي تكون خالية من الانبوبة بالنسبة لارتفاع السائل الواحد فينتج من ذلك انه لاعادة سرعة السائل كما كانت قبل اضافة الانبوبة يلزم زيادة ضغطه واعطاؤه ارتفاعا قدر الارتفاع الذي كان فيه أثناء سيلانه من الفتحة ذات الجدار الرقيق مرة ونصفا وحينئذ تكون نتيجة الاضافة فقد التحمل ويفسر ذلك بان وجود الانبوبة يجبر أخيطة السائل على الانضمام عند الخروج ويصيرها متوازية فينتج فقد في القوة الحية يعلن بنقصان في سرعة السيلان

وهذا الفقد في التحمل يكون مصحوبا بظاهرة مهمة هي انه اذا فعلت فتحة في جدار الانبوبة في النقطة التي فيها يحصل القطاع المنقبض للسلسول ووضع فيها مانومتر شوهد حصول نقصان الضغط في هذه النقطة مساويا لثلاثة ارباع التحمل الذي يحدث السيلان

الخراطيم ــ نقصان الضغط هـذا مستعمل في الخراطيم لانه اذا فرضنا فعل جملة ثقوب في الانبوبة عوضا عن وضع المانومتر ووصلناها بمستودع ممتلئ بالهواء فان هـذا الغاز تجذبه الثقوب ومتى دخل في السلسول يتجه الى الخارج مع السائل وبذلك يمكن فعل الفراغ في المستودع وأحيانا يجبئ الهواء المجذوب بتيار الماء في مستودع لضغطه واستعماله وعلى ذلك يستعمل تيار الماء في المعادن لتشغيل بعض آلات النفخ ويستعمل الخرطوم في المعامل لفعل الفراغ وفي خرطوم (اسپرنجل) يستعمل عمود من الزئبق خال من الهواء يمر بسرعة عظيمة في أنبوبة شعرية رأسية أمام فتحة المستودع المراد فعل الفراغ فيـه فكل نقطة من السائل تجذب مقدارا من الهواء وبذلك يكون العمود النازل مكونا من كرة من السائل وكرة من الغاز على شكل سبحة ويمكن استعمال الخراطيم مع النجاح في الفسلوجيا فانها تفعل الفراغ وان كان ببطء الا أنه بطريقة محكمة ومستمرة وهذا بخلاف الآلات المفرغة

السـيلان من الانابيب ــ اذا غيرت الانابيب القصيرة شروط السـيلان كانت الظاهرة متضاعفة بالنسـبة لسيلان السائل في الانابيب الطويلة فان جزيئات السائل تكابد حينئذ احتكاكا في الجدران يزداد بازدياد سرعته وبطول الانبوبة وبكمية السائل الملامسة لتلك الجدران

فاذا اعتبرنا اناء فيه أنبوبة أفقية فمعلوم انه اذا كانت هذه الانبوبة مسدودة والسائل غير متحرك فان الضغط يكون واحدا فى جميع نقط السطح الافقى فينتج من ذلك انه اذا وضع جملة أنابيب رأسية فى نقط مختلفة فان سطح السائل يكون واحدا فى جميع هذه الانابيب ولا يكون الامر كذلك اذا افتح طرف الانبوبة الافقية فان الضغط يقل بغتة عند خروج السائل من الاناء ويقل تدريجا الى انتهاء الفتحة ويكون متناسبا مع المسافة ويشاهد أن أسطحة السائل فى الانابيب الرأسية تكون موضوعة على خط يبتدئ من نقطة موضوعة أسفل من سطحه العارى فى الاناء بقليل وينتهى الى فتحة الانبوبة الافقية كما فى (شكل ١٤٥) ومن جهة أخرى يشاهد أن سرعة سيلان السائل تبطء بالانبوبة المذكورة ويمكن اعتبار الضغط عند خروجه من الاناء كأنه منقسم الى جزأين أحدهما يحدث تقدم سيلان السائل والآخر يستحيل الى ضغط ايدروليكى واقع على الجدران وهذا الضغط يكون متناسبا مع الارتفاع الذى يقهره السائل أعنى مع المسافة من الفتحة



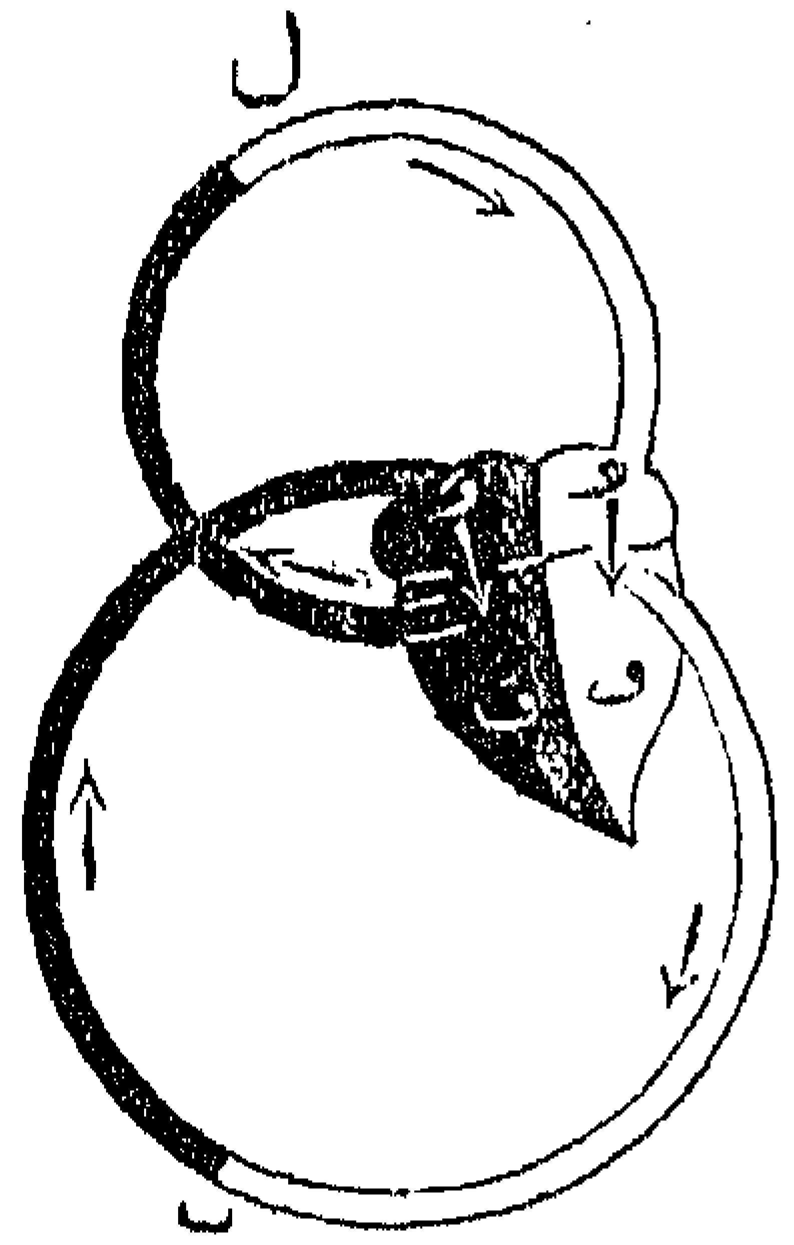
ش ١٤٥

واذا كانت الانبوبة ذات قطر واحد فى جميع امتدادها فان سرعة السائل تكون ثابتة من طرف الى اخر وليس الامر كذلك اذا كان قطرها مختلفا ويلزم دائما لاجل التحقق من السيلان الذى يمر فى كل قطاع من الانبوبة أن تكون كمية السائل متساوية فى أزمنة متساوية وحينئذ يجب أن تكون السرعة الحقيقية على حسب عكس القطاع

السيلان من الانابيب الشعرية ـ فى الانابيب الشعرية تأثير الاحتكاك يكون أعظم ولذا ان القوانين المتقدمة لا تنطبق عليها وقد دل (بوازويل) على أن كمية السائل التى تسيل من أنبوبة شعرية تكون متناسبة مع الضغط ليس على حسب الجذر التربيعى لهذه الكمية ومع الدرجة الرابعة لقطر الانبوبة وعلى حسب عكس طولها

تأثير الانابيب المرنه ـ اذا وفقة أنبوبة مرنة على فتحة سيلان سائل شوهد أنه يحصل كما يحصل فى أنبوبة صلبة اذا كان السيلان بطريقة مستمرة لكن اذا جعل السيلان متقطعا فان صرف الانبوبة يكون أعظم من الانبوبة الجامدة التى قطرها مساو لها ويشاهد أيضا ان التقطع يضعف كلما ازداد طول الانبوبة ويخرج السائل بطريقة مستمرة تقريبا وذلك ناشئ عن مرونة الجدران التى تتمدد عند خروج السائل متقطعا كل مرة ثم تعود الى وضعها الاصلى دافعة السائل الموجود فيها الى الامام

كيفية سير الدورة — القصد الآن معرفة كيفية تطبيق القواعد المتقدمة على دورة الدم فالعضو المركزى هو القلب المكون عند الحيوانات الثديية والطيور من جزأين ممتازين عن بعضهما هما القلب الايمن والايسر ولكل منهما تجويفان أوزين فى الجزء العلوى وبطين أسفل وبينهما نوع صمام فى اليسار و يسمى (ميترال) وفى اليمين وَ يسمى (تريكوسبيد) يسمحان للدم بالمرور من الازينات الى البطينات المقابلة لها و يمنعانه من التقهقر الى الخلف وبخروج الدم من البطين الايسر ف (شكل ١٤٦) يمر فى وعاء كبير هو الاورطى ب الذى ينقسم بعد ذلك الى جملة فروع تأخذ فى الصغر شيأ فشيأ كلما بعدت عن القلب وهذا النقصان فى الحجم يكافئ بزيادة عدد الفروع بحيث ان مجموع قطاعها يأخذ فى الازدياد وهذه الاوعية هى الشرايين المشهورة بمرونة جدرانها وهى تنقسم الى فريعات



ش ١٤٦

تنتشر فى عموم الجسم وتتصل بمجموع آخر من أوعية دقيقة طبيعتها مختلفة تسمى الاوعية الشعرية مجموع قطاعها أعظم من مجموع قطاع الشرايين ثم تنضم هذه الاوعية لتكون الاوردة التى تكون صغيرة ابتداء ثم تنضم لتكون جذوعا تعظم كلما قربت من القلب ومجموع قطاعها يأخذ فى التناقص والمجموع الوريدى يصل الى الاذين الايمن وَ ومنه يمر الدم الى البطين الايمن فَ ثم يمر فى الشرايين الرئوية ل التى تنقسم فى الرئتين الى عدد عظيم من فروع ثم ينتقل الدم بواسطة الاوردة الرئوية الى الاذين الايسر و ومنه الى البطين ثم يتجه الى الاورطى و (شكل ١٤٦) يدل بطريقة تصورية على كيفية حصول هذه الدورة فالقلب الايمن والشرايين الرئوية والاوردة أعنى الجزء المحتوى على الدم الوريدى فى هذا الشكل هو الاسود

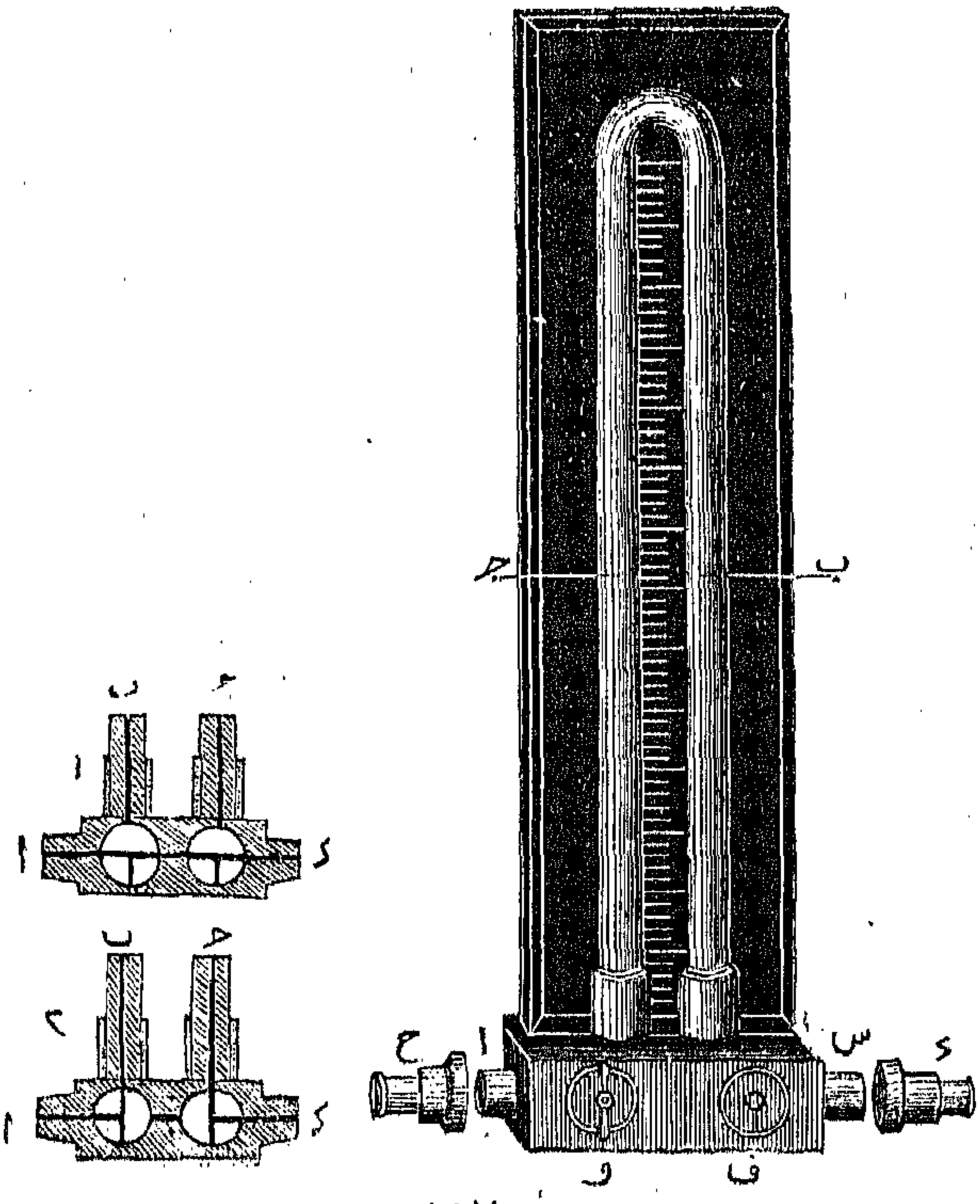
والقلب هو نوع عضلة مجوفة يؤثر كطلمبة كابسه و بانقباضات متكررة يقذف الدم على الدوام فى المجموع الشريانى فتنقبض الازينات ابتداء وترسل الدم الى البطينات و بانقباضات هذه ينطرد فى الشرايين والصمام (مترال) و (تريكوسبيد) يمنعانه من التقهقر وزمن انقباض القلب يسمى سيتول وانبساطه يسمى دياستول

فيشاهد من ذلك ان الدم منطرد من القلب فى الشرايين بطريقة متقطعة لكن بالنسبة لمرونة هذه الاوعية والشرايين الاخر التى تعقبها يصير التيار المتقطع مستمرا شيأ فشيأ وأيضا فان سرعة التيار تأخذ فى التناقص كلما بعد عن القلب لان مجموع القطاع يزداد وكذلك الاحتكاك

وحينئذ فالتيار الذى يجرى فى الاوعية الشعرية يكون منتظما مستمرا وكذلك فى الاوردة ويتضح هذا الاستمرار عند فتح الوريد كما فى الفصد وأما من خصوص السرعة فانها تأخذ فى التناقص بالنسبة للاسباب التى ذكرناها فى الاوعية الشعرية وتزداد فى الاوردة كلما قربت من القلب وحينئذ فالدم يعود الى القلب بطريقة مستمرة وهو يعيده الى تيار متقطع ثانيا وما شوهد فى الدورة الكبرى يشاهد فى الدورة الصغرى ومما يساعد على تقدم الدم أيضا فى الاوردة هو وجود الصمامات فى بعض منها والانقباضات العضلية

والاعتبارات المتقدمة صار تحقيقها بالتجربة وكذلك صار قياس سرعة الدم بواسطة الجهاز المسمى (هيموايدرومومتر) فشوهد أنها تأخذ فى التناقص فى الشرايين كلما بعدت عن القلب

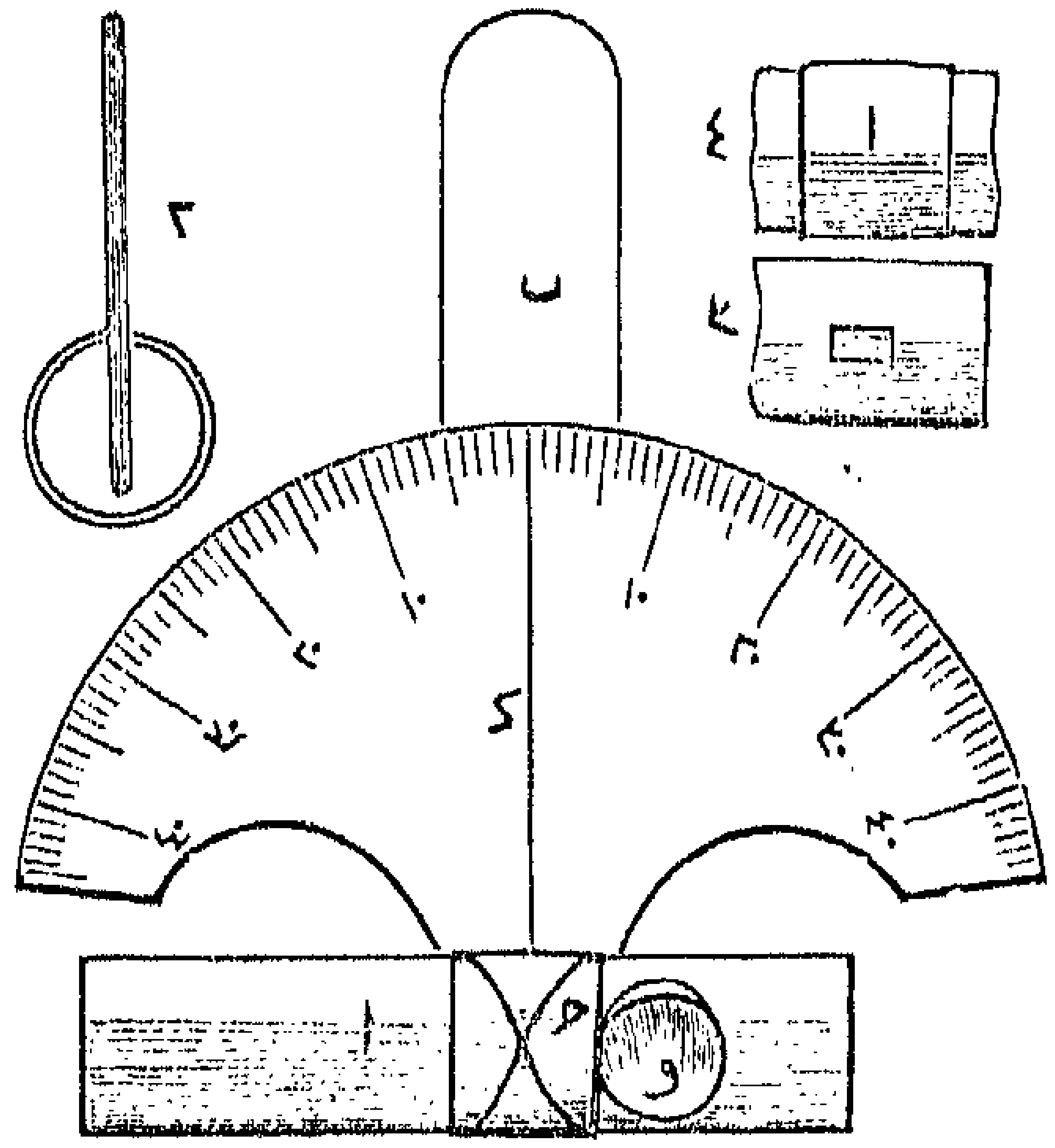
الهيموايدرومومتر — جهاز المعلم (ولكمان) يتركب من أنبوبة من الزجاج على شكل نعل الفرس ب ﺣ منكسة على ماسورة مستقيمة متصلة بها بواسطة حنفية ذات ثلاثة مسالك (شكل ١٤٧) والانبوبة الزجاج ممتلئة بالماء وتجعل الحنفية فى الوضع ا ثم يقطع الوعاء المراد فعل التجربة عليه ويثبت طرفاه فى طرفى الماسورة ع و ى اللذين يدخلان باحتكاك



ش ١٤٧

فى القطعتين ا و س ثم يترك سيلان الدم فى الانبوبة ا س ثم تدار الحنفيتان ف و ىفجأة فى الوضـع ٢ فهذا الوضع يجبر الدم على المرور فى الانبوبة التى على شكل نعـل الفرس فيقـاس الزمن الذى يأخذه لطرد الماء وحلاله محله حتى يملأها ومن معرفة طول الانبوبة يتحصل على سرعته

وقد استعمل (فيرورد) آلة مؤسسة على قاعدة البندول الايدرومترى وسماه (هيموتاكومتر) وقد استعمل المعلم (شوفو) جهازا من هـــذا النوع موجودة صورته فى (شكل ١٤٨) جعل فيه طرفى الوعاء المقطوع مثبتين فى أنبوبة معدنية ا فيها يتذبذب بنـدول موجود بجوار الشكل ينتهى بابرة خارجة د ويوجد كم من الصمغ المرن حـ يغطى الشق الذى تمر منـه الابرة ويدرج الجهـاز بمرور سائل مشابه للدم فى الكثافة والخواص الفسلوجيـــة بسرعة معلومة



ش ١٤٨

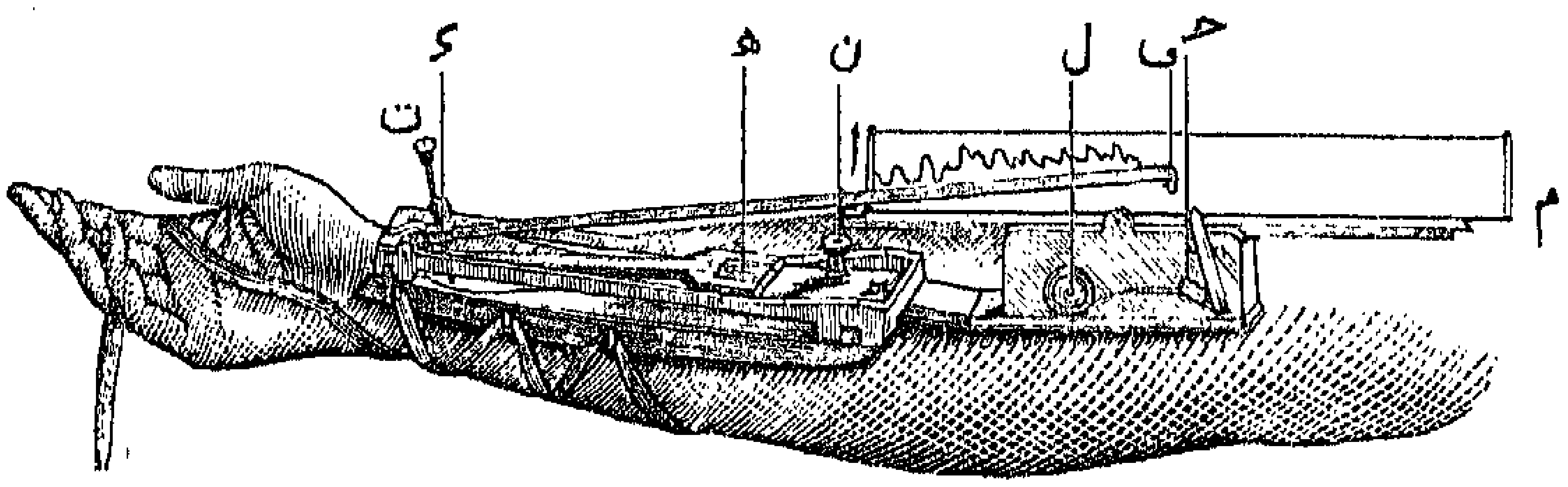
والمعلم (لورتيـه) قد أحال هــذا الجهاز الى (هيمودروموجراف) باضافة اسطوانة راسمة اليــــــه

وهـذه الطريقــة لا يمكن تطبيقها على الاوعيــة الشــعرية وحينئذ يلتجئ فى ذلك الى المشاهدات الميكروسكوبية التى يرتكن فيها على ظاهرة مخصوصـــة من البصر ليس لنا حاجة الى ذكرها هنا تسمى الصورة الوعائية (لبوركنج)

قوة الدم فى المجموع الشريانى ــ يضغط الدم المالئ للشرايين على جدرانها ومعرفة هذا الضغط مهمة وقد صار البحث عن تعيينه مدة طويلة من الزمن وقد ذكرنا أنواع الهيمومانومتر التى صار استعمالها فى هذا الخصوص فقد وجد المعلم (ماريه) بواسـطة تجارب واسطية ان الضـغط فى عموم المجموع الشريانى يكون تقريبا واحدا ومساويا لعمود من الزئبق ارتفاعه ١٥ سنتيمترا وهذا الضغط يختلف قليلا من السيستول الى الدياستول

النبض ـ فى الشرايين الكبيرة تيار الدم ليس منتظما بالضبط لانه متأثر بانقباضات البطينات وبوضع الاصبع على شريان مرتكز على سطح عظمى فيه مقاومة كالشريان الكعبرى والصدغى والقدمى يستشعر بارتفاع دورى ناشئ عن تقطع هذا التأثير وبالتعود يمكن الاستدلال منه على وظيفة القلب والشرايين وهذه هى ظاهرة النبض

الاسفجموجراف ـ مشاهدة النبض يمكن الحصول عليها بطريقة التخطيط بواسطة الآلات وقد ذكرنا الاسفجموجراف الناقل فيما تقدم وأما اسفجموجراف (ماريه) (شكل ١٤٩) فعد لهذا الاستعمال بدون واسطة وهو الاكثر استعمالا ويتركب من حامل معدنى مستطيل يثبت على الذراع بواسطة أشرطة ويحمل زنبلك من الصلب سهل الانثناء هـ مثبت من جهة فى الحامل ومن الجهة الاخرى المطلقة يحمل صفيحة صغيرة من العاج أو الفولاذ ترتكز على الشريان وتضغط عليه قليلا ويشاهد الزنبلك من أسفل الجهاز وتنقل حركات النبض الى الزنبلك وبواسطته الى الساق ت المقلوظة التى تتعشق مع بكرة صغيرة مسننة موضوعة فى نقطة ى تحرك رافعة ى ف خفيفة سهلة الحركة وذراع هذه الرافعة الذى ينتهى الى ف يكون طويلا يحمل القلم الموضوع فى هذه النقطة لتعظيم الحركات التى يرسمها على الصفيحة أ م وهذه الصفيحة تحرك بواسطة حركة ساعة موجودة فى ل ح حركة تقدم منتظمة من اليمين الى اليسار



ش ١٤٩

ولاجل معرفة أهمية هذه الاستدلالات المتحصلة من هذه الطريقة نوضح هنا فى (شكل ١٥٠) رسم الخطوط المتحصلة فى الامراض المختلفة

(١) تدل على خطوط النبض فى سن متقدم مع ضخامة فى القلب

(٢) خطوط فى الحمى التيفودية

(٣) خطوط فى حالة التسمم بالرصاص

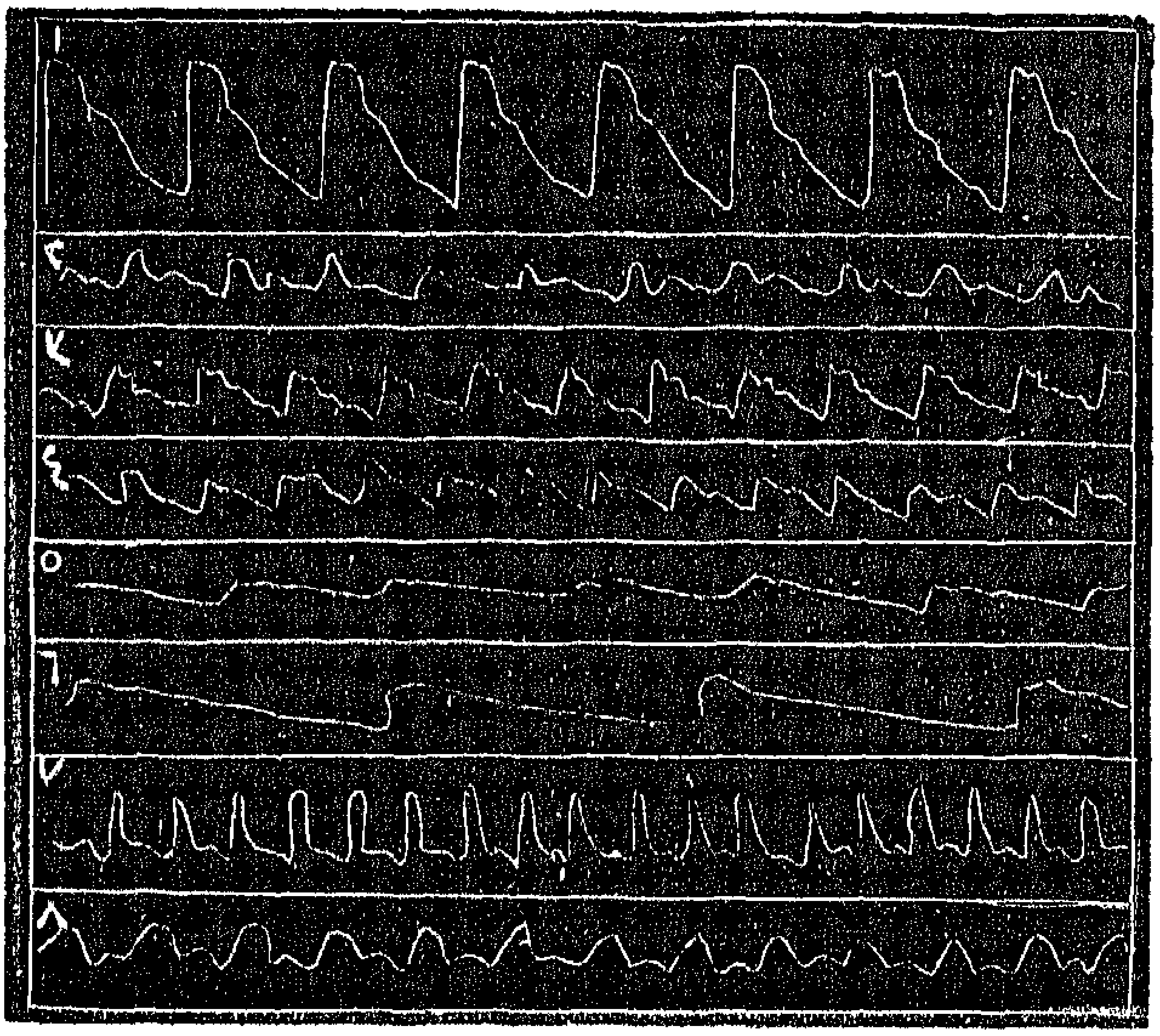
(٤) خطوط فى التهاب التيمور

(٥) خطوط فى نقاهة الحمى التيفودية

(٦) خطوط نبض فى النادران يكون طبيعيا

(٧) خطوط فى الحمى الجرحية

(٨) خطوط فى الانوريزما المتخللة جدران الاوعية



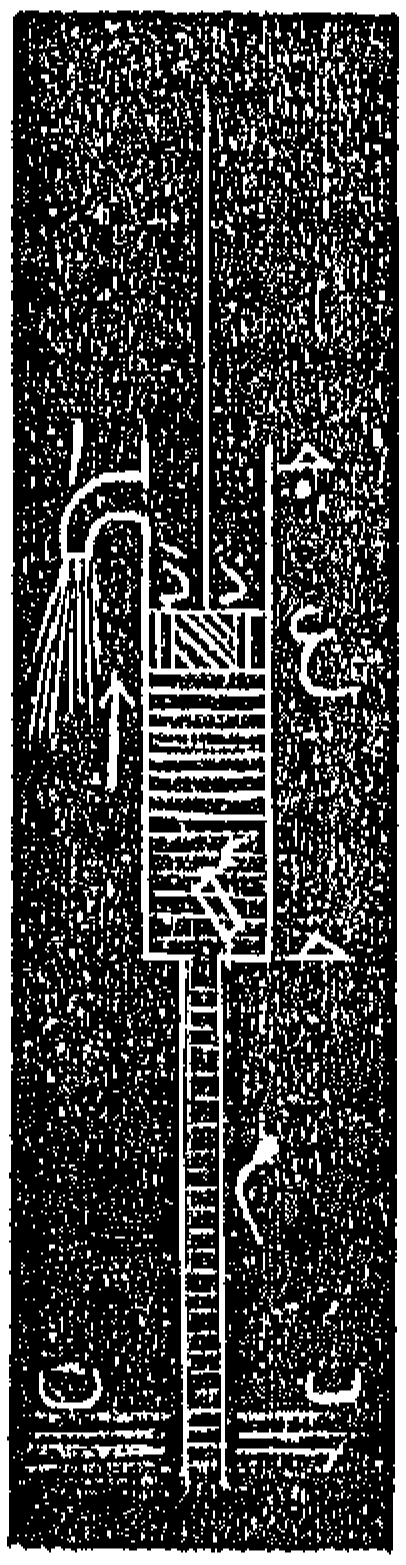
ش ١٥٠

الطلمبـــــات

هى آلات معدة لرفع السوائل وهى ثلاثة أنواع ماصة وكابسة وماصة كابسة

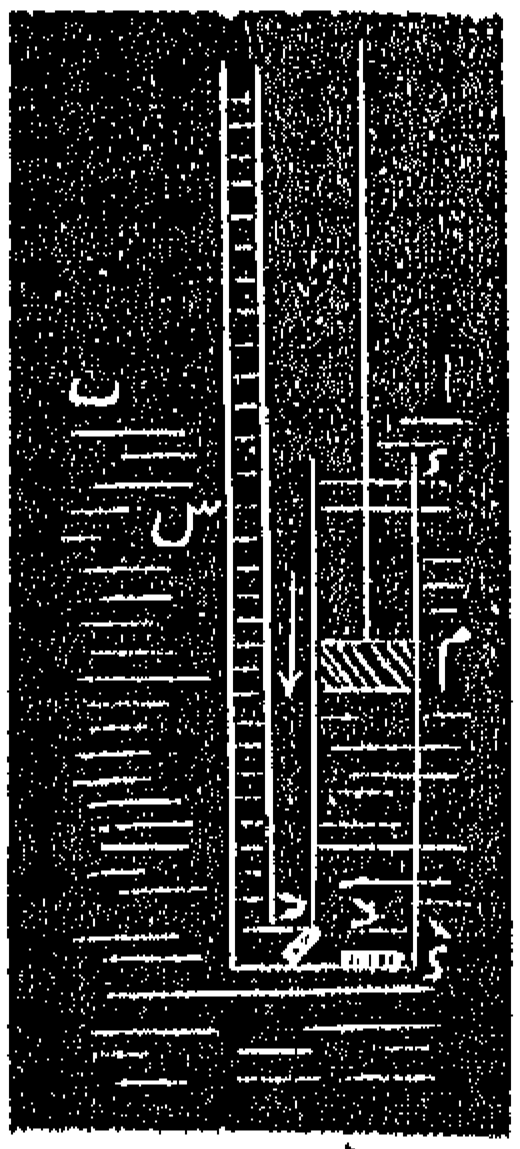
أما الماصة ـ فتتركب من جسم طلمبة ح حَ (شكل ١٥١) يتحرك فيه مكبس ع وله أنبوبة معدة لسيلان السائل ا وأنبوبة ماصة م نازلة فى المستودع المراد رفع السائل منه ب بَ وفى محل اتصال جسم الطلمبـة بهذه الانبوبة صمام ينفتح من أسفل الى أعلى ى والمكبس هو قرص معدنى مغلف بجلد و يتحرك حول مفصل وفى خلاله صمامان د دَ ينفتحان أيضا من أسفل الى أعلى ويوجد عادة على الساق رافعة معدة لرفعه وخفضه

فاذا فرضنا أن الانبوبة م موضوعة فى مستودع الماء ومملوءة بالهواء والمكبس منخفض الى أسفل ثم رفع هذا المكبس فانه يحدث محله فراغا من أعلى الى أسفل فيضغط الهواء الجوّى على الصمامين د دَ ويغلقهما اما الصمام ى فينفتح بسبب ضغط الهواء عليه من أسفل الى أعلى فيدخل جزء من هذا الهواء فى جسم الطلمبة فتنقص قوّة مرونته كلما ارتفع المكبس فيرتفع الماء من المستودع فى الانبوبة حتى يصير ضغطه على السطح ب بَ وضغط مايعلوه من الهواء مساويا للضغط الجوّى ولنفرض أنه بوصول المكبس لاعلى ارتفاعه لايكون الماء قد وصل للصمام ى فعند وقوف المكبس تكون موازنة قوة المرونة للهواء قد تمت وصارت فى أعلى الصمام كأسفله فينسد لانخفاض قرصه بثقله فاذا أنزل المكبس فان ما انحصر من الهواء أسفله ينضغط فتزيد مرونته الى أن تصير أكثر من مرونة الهواء فينفتح الصمامان د دَ فيخرج جزء من الهواء المحصور الى الخارج زمن نزول المكبس فاذا بلغ المكبس منتهى نزوله انغلق هذان الصمامان لتساوى الضغط أعلاهما وأسفلهما وصارت الطلمبة كما كانت قبل غير أنه ارتفع فى الانبوبة الموضوعة فى المستودع جزء من الماء وحل محل الهواء فاذا كبس المكبس مرة ثانية ارتفع الماء أكثر مما كان ارتفعه فى الحالة الاولى وفى الثالثة أكثر من الثانية وهكذا الى أن يدخل فى جسم الطلمبة وحينئذ يعزم من الصمامين د دَ فى كل خفضة للمكبس مقدار من الماء يساوى سعة جسم الطلمبة ويسيل من أنبوبة السيلان ويدخل جزء من الماء فى جسم الطلمبة فى كل مرة رفع فيها المكبس وهكذا



ش ١٥١

ولارتفاع السائل الى أنبوبة السيلان يلزم بحسب النظريات أن لا يزيد طول أنبوبة المستودع وجسم الطلمبة عن عشرة أمتار ولكن قد دل العمل على أن الطول لايكون أزيد من سبعة أو ثمانية أمتار وذلك إما لكون المكبس لايصل الى آخر جسم الطلمبة أو لكون الصمامات لاتحكم الغلق فيدخل قليل من الهواء مع الماء

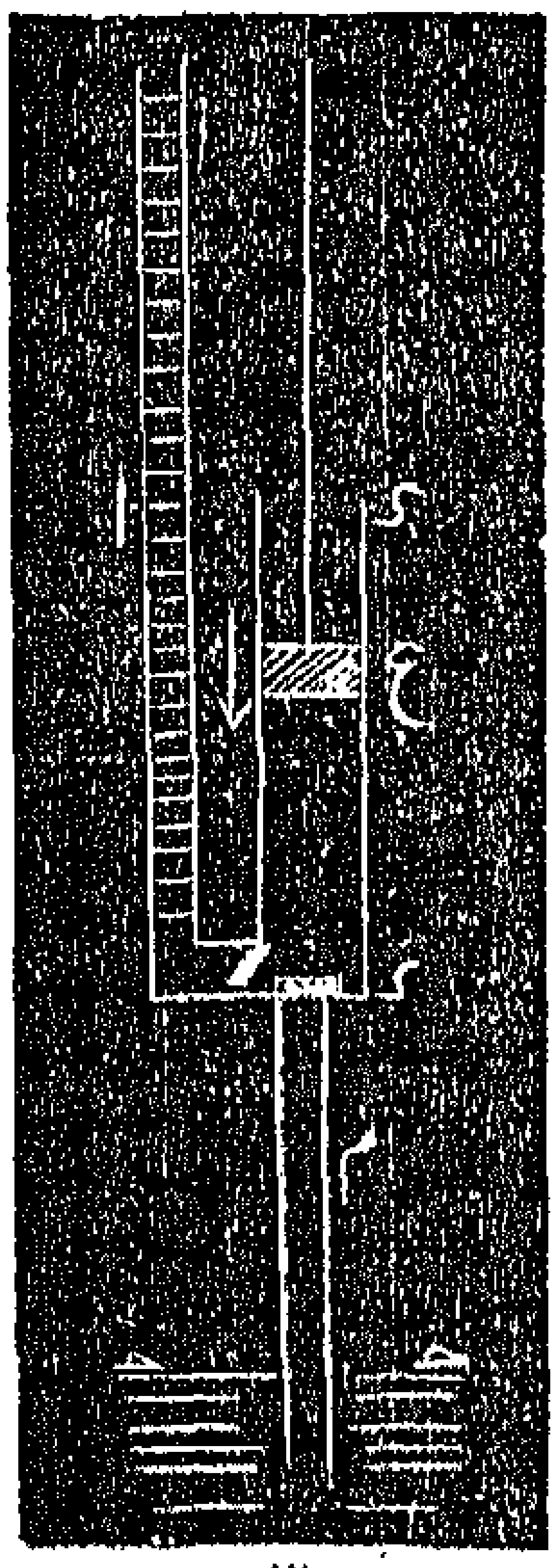


ش ١٥٢

وأما الكابسة — فهى كما فى (شكل ١٥٢) مكوّنة من جسم طلمبة ى دَ مغمور فى ماء المستودع ا ب ويتصل جزؤه السفلى بأنبوبة السيلان والمكبس م مصمت فاذا رفع حصل تحته فراغ فيفتح الماء بضغطه الصمام دَ ويملأ جسم الطلمبة فاذا انخفض المكبس انغلق هذا الصمام

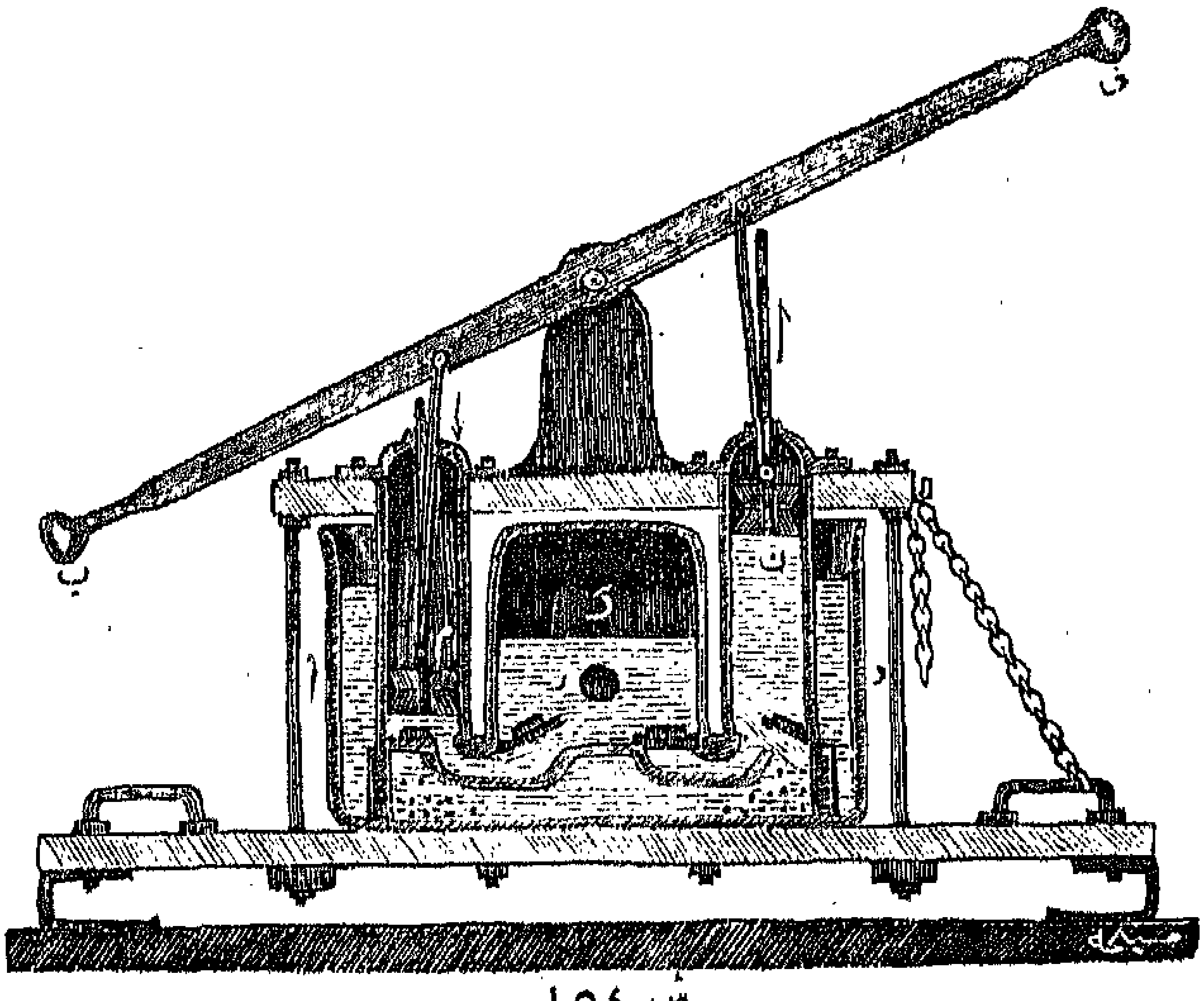
وانفتح الصمام د بالضغط الحاصـــل من الماء بالكبس فيدخل الماء فى أنبوبة السيلان ويرتفع فيها ومتى وصـــل الى حافات الانبوبة وذلك بعـــد عدة كبسات فانه يسيل منها فى انخفاض المكبس مقدار من الماء مساو لسعة جسم الطلمبة

وأما الماصة الكابسة — فهى مجموع الطلمبتين الماصـــة والكابسة فجسم طلمبتها د دَ (شكل ١٥٣) يمتلئ بالمص عنـــد رفع المكبس وينـدفع مافيه من الماء الى أنبوبة السيلان ا بانخفاض المكبس فالجهاز حينئذ يعمل على التعاقب كطلمبة ماصة ثم كابسة



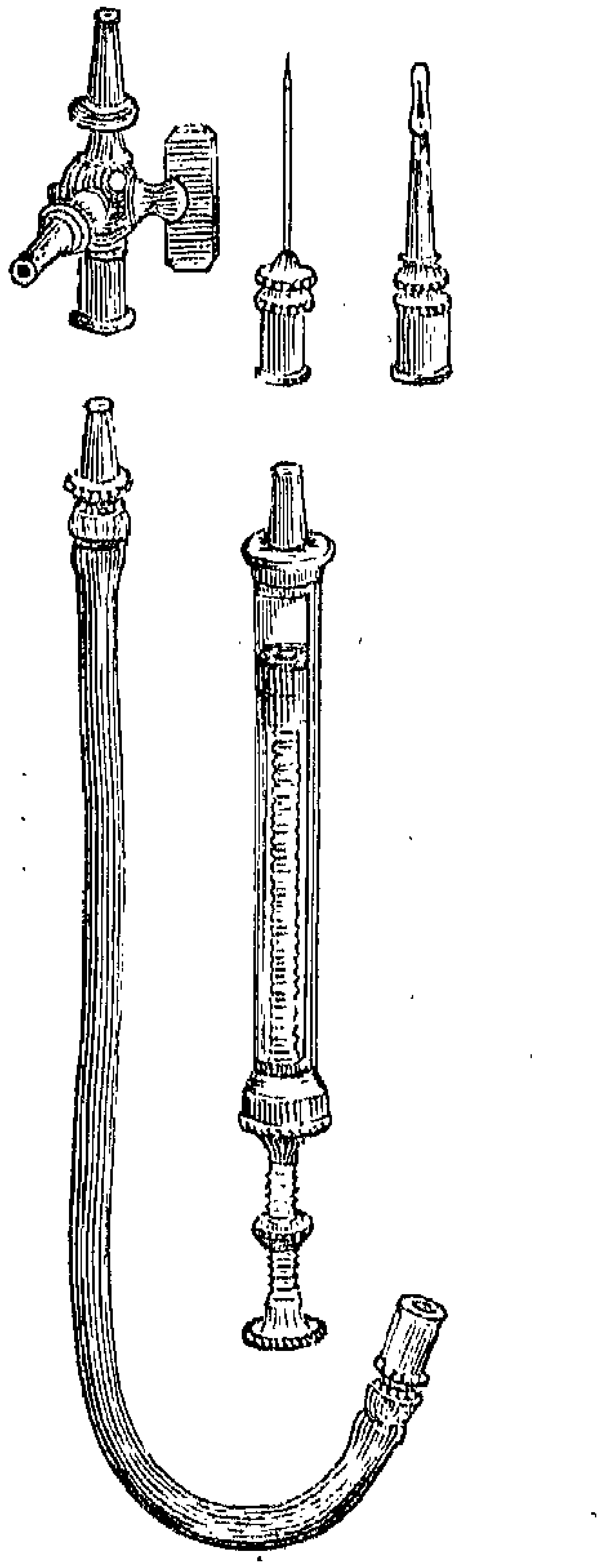
س ١٥٣

وأما طلمبة الحريق — فهى كافى (شكل ١٥٤) كالآلة المفرغة الاعتيادية تتركب من جسمى طلمبة بعضها بجانب بعض فى حوض من الخشب مرن مملوء دائما بالماء مدة تشغيلها والمكبسان م و ن يتحركان بواسطة ذراعين يحركهما ثمانية أشخاص وبامتصاص أحد المكبسين للماء من الصندوق فان الآخر يقذفه الى المستودع رَ وهو مستودع الهواء فينضغط هذا وبقوة مرونته يقذف الماء ويلزمه الخروج من الفتحة ر فى أنبوبة مستطيلة من الجلد يوجه بها الماء الى النار وفى عمل هذا الهواء أيضا تنظيم خروج الماء فلا يخرج متقطعا لان مايدخل فى هذا المستودع من الماء أكثر مما يخرج منه فينضغط الهواء وتزيد مرونته وهى تجبر الماء على الخروج فى كل وقت حتى فى لحظة وقوف الآلة التى بها تتغير حركة المكابس



س ١٥٤

التطبيقات الطبية ـ الحقن ـ الطلمبات مستعملة بكثرة فى الطب على أشكال مختلفة فهى فى الغالب طلمبات ذات مكبس مصمت والفتحة الواحدة تحدث ادخال السائل وخروجه وذلك مثل الحقن المعدة لحقن السائل والمستعمل منها فى الطب والفسلوجيا مصنوع من الزجاج والمنحور والفضة والصمغ المرن والنوع الموجودة صورته فى (شكل ١٠٠) من النيكل والزجاج ويوجد أنابيب ذوات أشكال مختلفة توفق باحتكاك تام على فتحة الحقنة ويوجد حنفية وأنبوبة مرنة يمكن وضعهما عند اللزوم بين الحقنة والانبوبة ويوجد تقاسيم على جسم الحقنة الزجاج أو على ساق المكبس يستدل منها على كمية السائل المحقونة بالضبط ويوجد حاسب متحرك على الساق معد لتحديد سير المكبس



ش ١٠٠

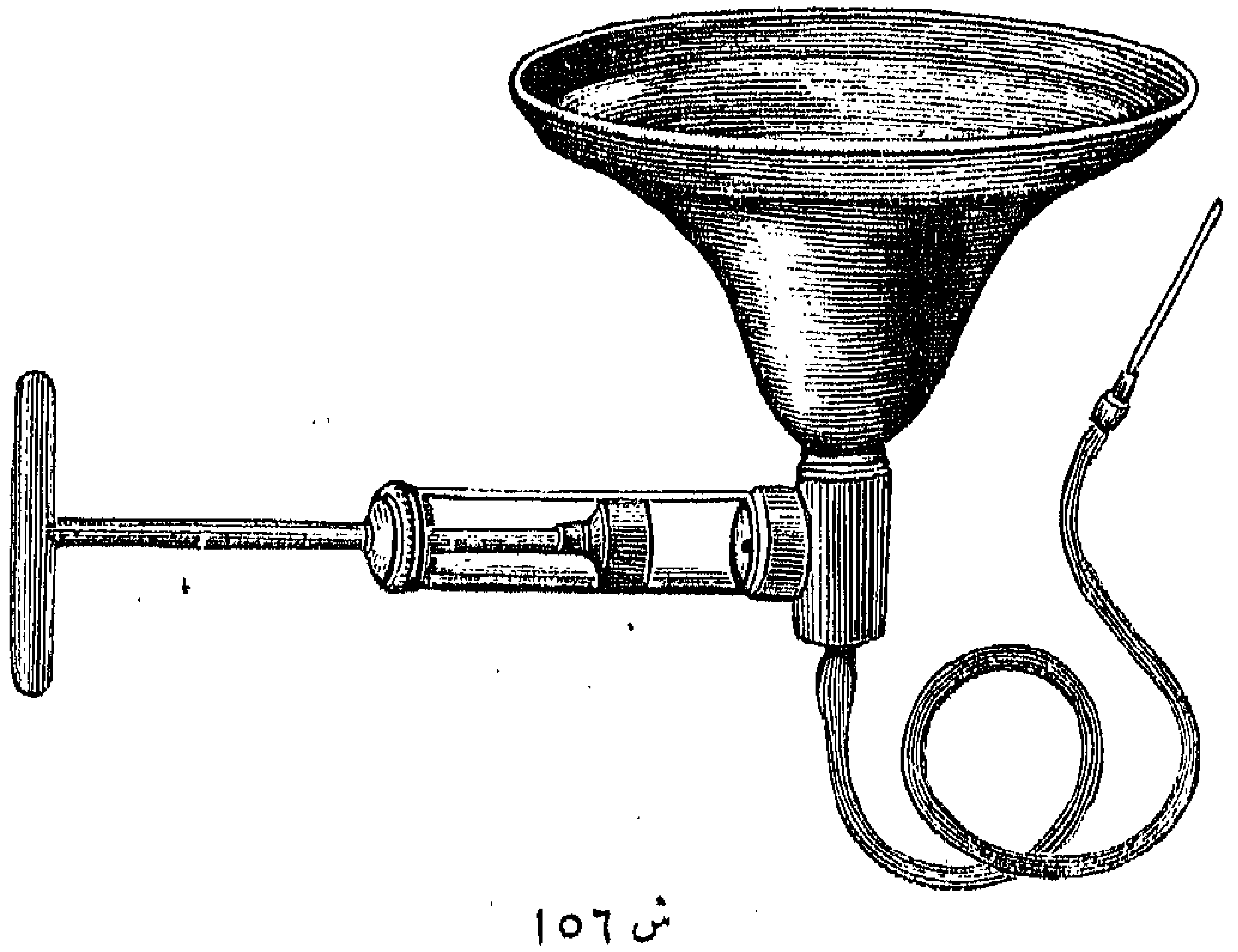
والحقن المستعملة فى الاحوال المعتادة تتكون من القصدير والمكبس مكوّن من المشاق أو القطن الملفوف حول طرف الساق

والكليزو پومپ كطلمبة كابسة فتوضع على حامل فى أثناء تملئ بالسائل المراد حقنه فيمص هذا السائل بأول صمام وينقذف من صمام جانبى فى أنبوبة مرنة مثبت فى طرفها أنبوبة

وحاقن (اجيزيه) الذى يعوض فى غالب الاحوال الحقن والكليزوپومپ هو عبارة عن زنبلك حلزونى بانحلاله يحدث دوران عجلة مسننة تتعشق مع ساق المكبس المسننة وتحدث انخفاضها بالتدريج لطرد السائل من فتحة جانبية ولاجل ملء الجهاز يوضع السائل فى الجزء العلوى أعلى المكبس فينفذ من المكبس من الفتحات الموجودة فيه وفيها صمامات تنفتح من أعلى الى أسفل فقط ثم يلف الزنبلك بواسطة مفتاح له فى الجزء العلوى وفى أثناء لفه يرتفع المكبس فكلما ارتفع انخفض السائل أسفله وهكذا الى انتهاء ارتفاعه ولا ينخفض المكبس الا اذا فتحت حنفية الفتحة الجانبية فينطرد السائل بقوة ضغط المكبس

أجهزة نقل الدم — هى معدة لنقل كمية من الدم فى تيار دورة مريض وهذا الدم اما طبيعى أو خال عن المادة الليفية وهى موضوعة بكيفية بها تمنع تبريد الدم ودخول الهواء فى أوردة المريض

والناقل المرسومة صورته فى (شكل ١٥٦) يتركب من خزانة اسطوانية متصلة من جزئها العلوى بطشت معد لقبول الدم ومن الجانب بطلمبة ذات مكبس مصمت ومن جزئها السفلى بانبوبة مرنة تنتهى بانبوبة صغيرة لادخالها فى وريد ذى ثخن متوسط ومتى ملئ الجهاز بالدم ملأ تاما يضغط على المكبس فينطرد الدم فى الانبوبة لانه يوجد كرة مجوفة من الالومينيوم فى الخزانة خفيفة جدا تسبح على سطح الدم تسد الفتحة العليا وهى فتحة الطشت واذا كان الجهاز غير ممتلئ ملأ تاما فان الهواء الموجود لا يمكنه الدخول فى الانبوبة لان الكرة لا تسد فتحة الطشت فيخرج الدم من أعلى

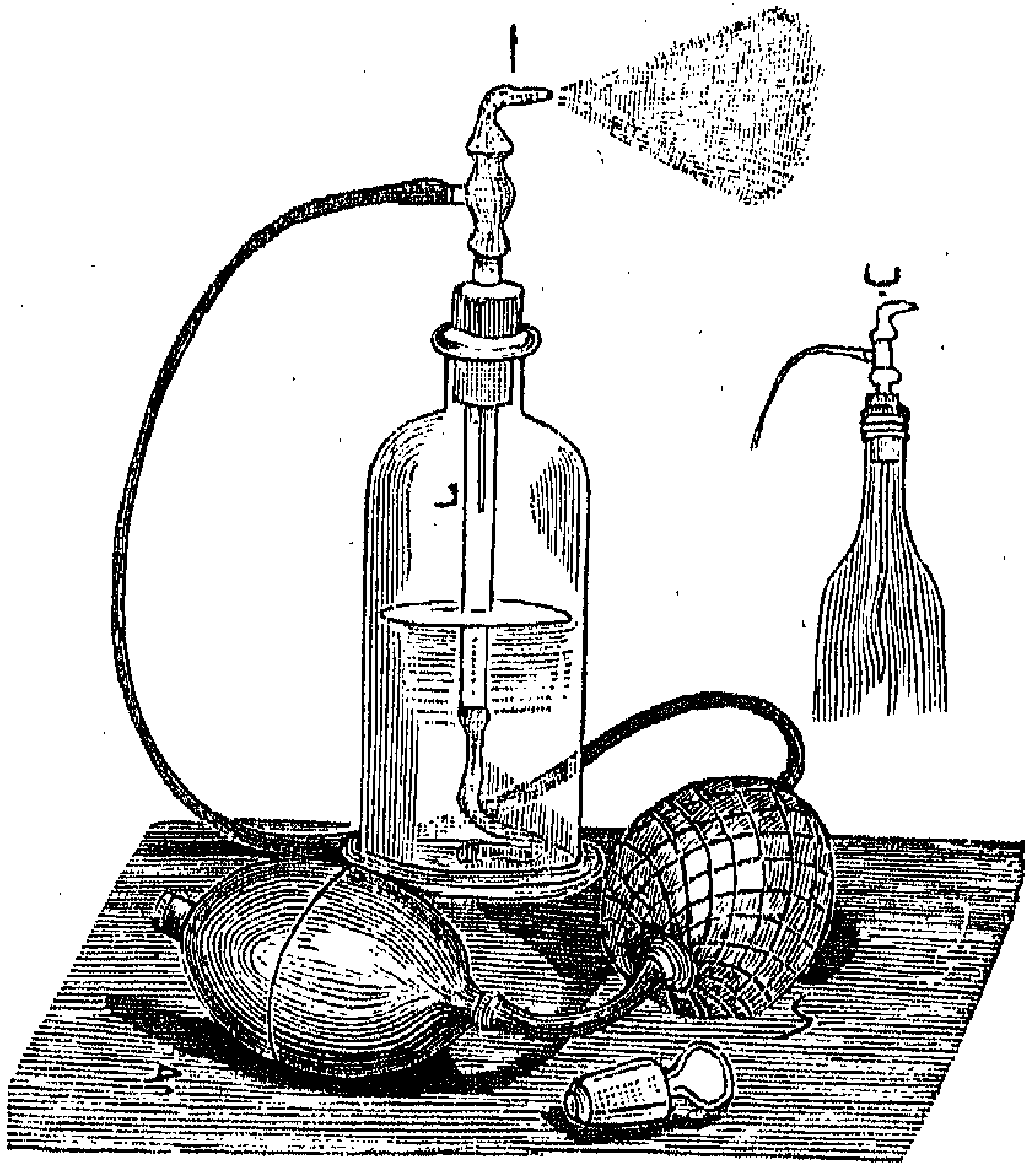


ش ١٥٦

الحاقن — هذا الجهاز يمكن أن يقوم مقام الحقن انما قاعدته مخالفة لحاقن (روبن) ليس هو الا آلة مفرغة زئبقية فقط شغلها منعكس فيأخذ الهواء من الجو ويحوزه فى زجاجة ينقذف منها السائل بواسطة أنبوبة مرنة بها أنبوبة أخرى فاذا اكتفى الحال بالعمل أثناء انخفاض القبابة المتحركة مرة واحدة يحصل على ضغط ضعيف لكنه يكون منتظما ومستمرا موافقا للحقن اللطيف

وقد يستعمل فى الغالب حاقن الجزء الرئيس فيه كرة من الصمغ المرن ذات جدار سميك تضغط بين الاصابع ثم تترك لتعود على نفسها المرونة جدرانها ويوجه تيار الهواء فى زجاجة ممتلئة بالسائل فبضغط الهواء على سطحه ينقذف الى الخارج

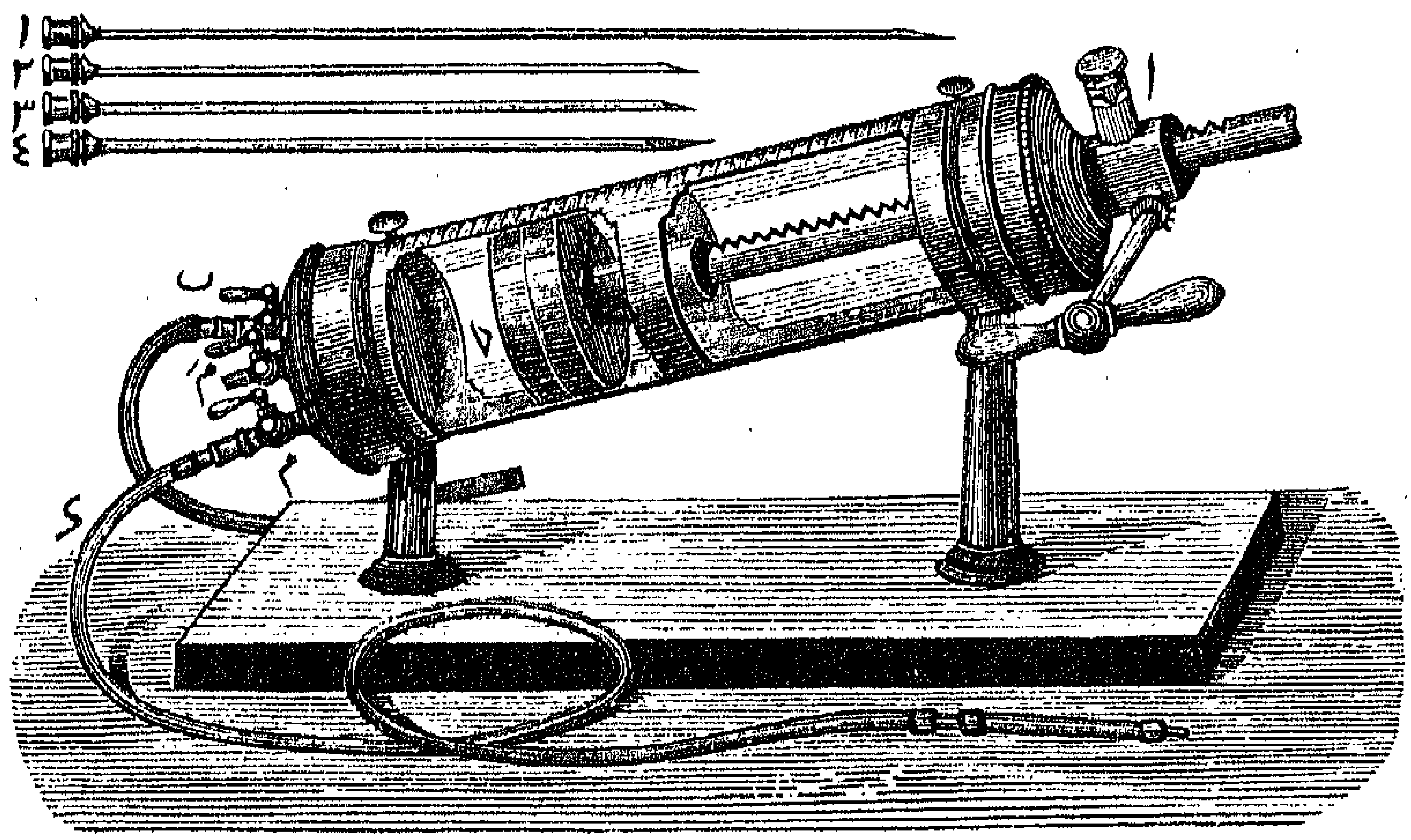
وجهاز (ريشاردسون) المعد لعمل التخدير الموضعى وأجهزة أخرى مشابهة له معدة لقذف نافورة من الايتير على هيئة مسحوق رفيع مؤسسة على هذه القاعدة فتيار الهواء يأتى بواسطة كرة من الصمغ المرن ح (شكل ١٥٧) فى طرفها صمام ينفتح من الظاهر الى الباطن وتوجد كرة ثانية ى لتنظيم الضغط وصيرورة التيار مستمرا وسدادة الزجاجة الموجود فيها الايتير نافذ فيها انبوبة ذات غلافين مركزيين فالانبوبة الباطنة تنغمر فى السائل والغلاف الظاهر ينفتح أعلى الزجاجة ويمتد نحو سنتيمتر أعلى قمة الانبوبة الباطنة ويتصل من الجانب بالكرتين اللتين فى الصمغ المرن ح و ى فتيار الهواء الذى ترسله الكرتان ينقسم الى قسمين أحدهما ينفذ فى باطن الزجاجة ويحدث ارتفاع السائل فى الانبوبة المركزية والثانى ينقذف فى الانبوبة المغلفة المركزية و ويختلط بتيار السائل ويحيله الى مسحوق يخرج من الفتحة ا



ش ١٥٧

الاجهزة الماصة – يطلق هذا الاسم على أجهزة مؤسسة على القاعدة السابقـــة عينها يقصد منها مص السائل واستخراجه من البنيـــة وذلك مثل استخراج التجمع الصديدى والسائل وتستعمل أيضا لحقن بعض سوائل محلها منظفة أو دوائية

والجهاز الماص المنسوب الى (ديولافوا) (شكل ١٥٨) يتركب من جسم طلمبـــة من الزجاج داخله مكبس مصمت ساقه مسننة تتحرك بدوران رافعة بها جلبة مسننة أيضا متعشقة بالساق المذكورة ويوجد سهم ا يدخل فى أسنان الساق لمنعها عن الانخفاض ثانيا والجزء السفلى من جسم الطلمبة فيه ثلاث حنفيات م و مَ و ب فيوفق على الحنفية م انبوبة مرنة ى تنتهى بانبوبة بذل ١ و ٢ و ٣ و ٤ تدخل فى التجويف المراد استفراغه ثم تغلق جميع الحنفيات ويرفع المكبس ح بدوران اليد وتفتح الحنفية م فيندفع السائل فى المسافة الخالية من جسم الطلمبة وبعد اغلاق الحنفية م وفتح الحنفية مَ يخفض المكبس لطرد السائل المجذوب ويفعل ذلك مرارا حسب اللزوم واذا أريد حقن سائل دوائى فى التجويف المستفرغ تفعل العملية بالعكس فتفتح الحنفية ب أثناء ارتفاع المكبس لامتصاص السائل والحنفية م أثناء انخفاضه لحقنه فى التجويف وعلى الاسطوانة الزجاج درج يدل على قياس حجم السوائل المجذوبة أو المحقونة

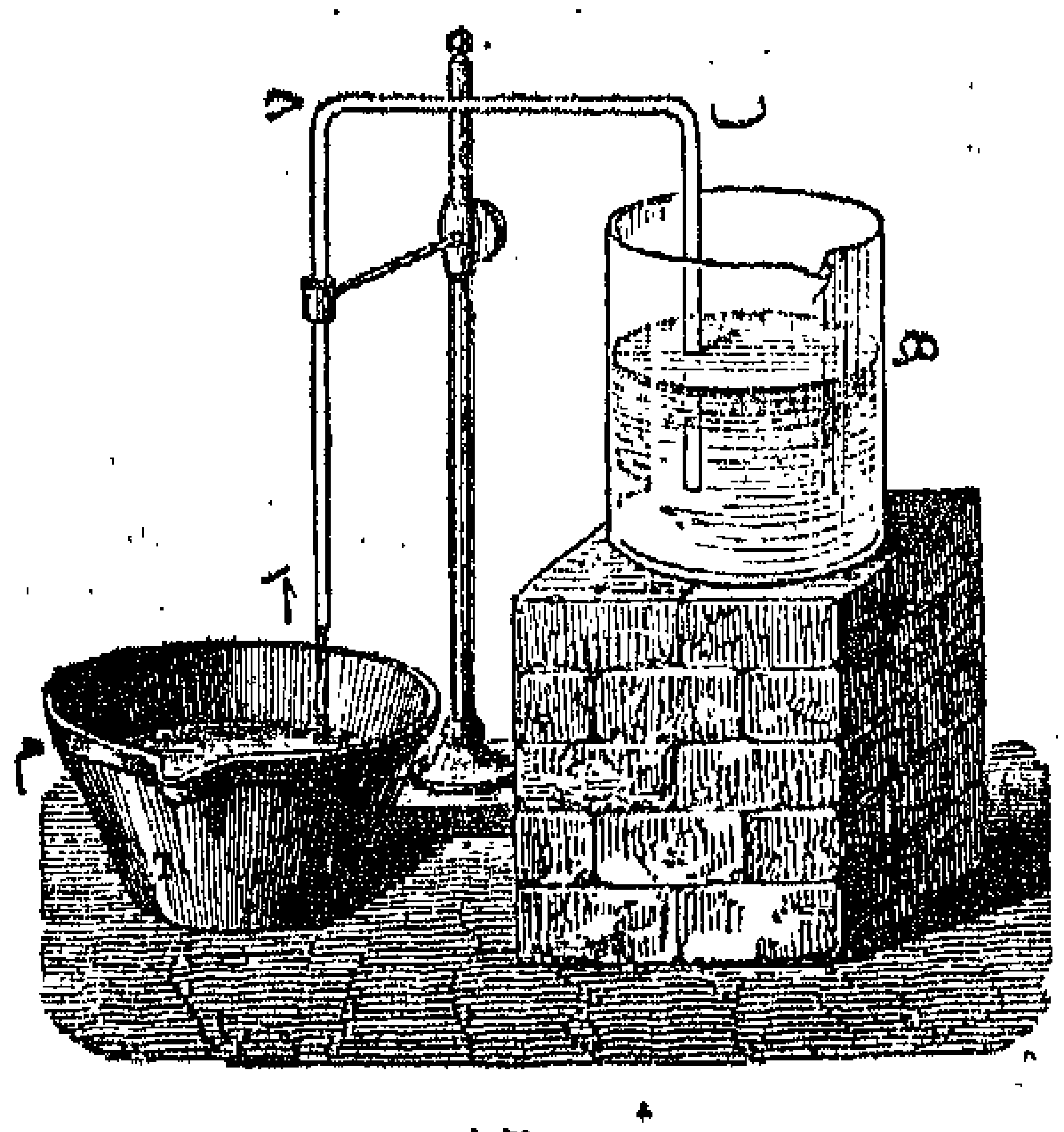


ش ١٥٨

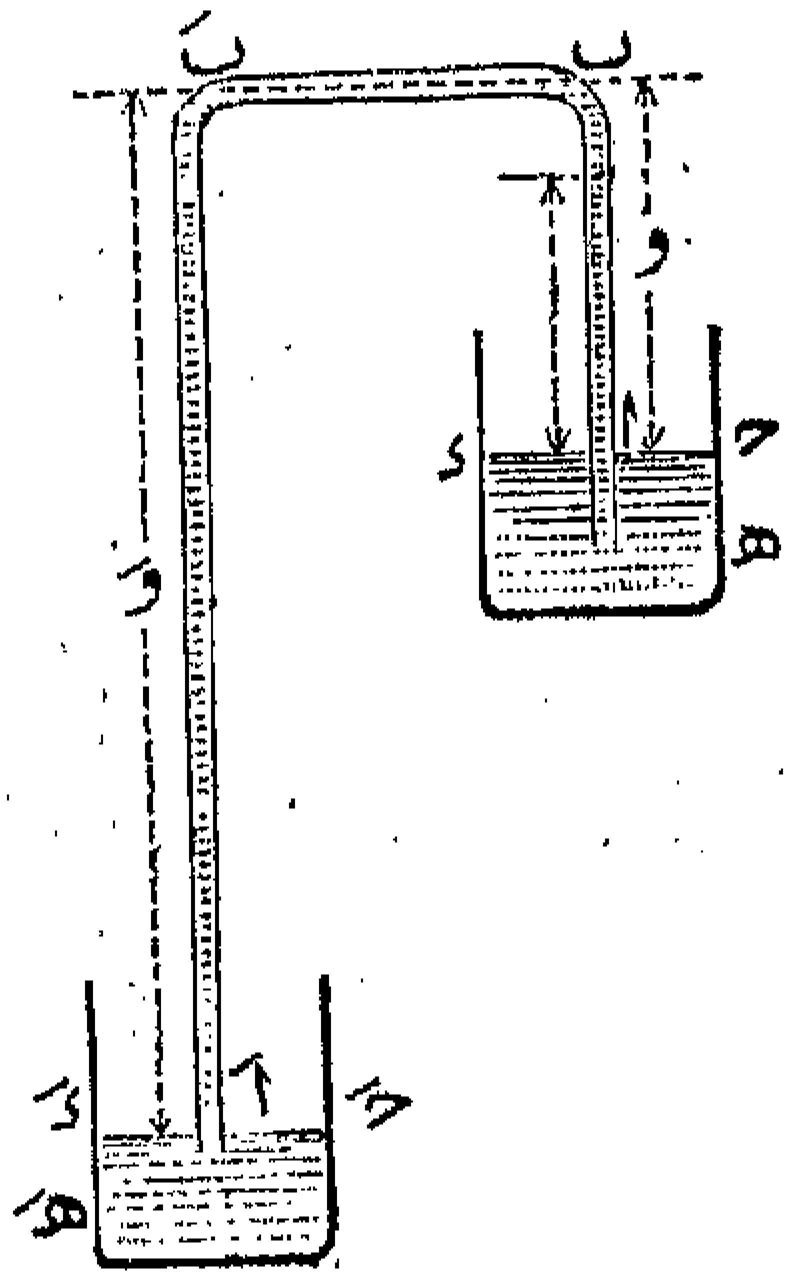
الممصـــات

هى أنبوبة ذات فرعين غير متساويين تستعمل لنقل السوائل من آنيـة الى أخرى فيغمر طرفها القصير فى السائل المراد نقله ويمص الهواء من طرفها الطويل فتمتلئ بالسائل فاذا رفع الفم سال منها مادام سطحه فى الآنيـة التى ينقل فيها منخفضا عن سطحه فى الآنيـة التى ينقل منها

ولتوضيح ذلك نفرض أنبوبة ذات فرعين ا ب ب َ اَ (شكل ١٥٩) أحدهما طويل والآخر قصير مملوءة بالماء وطرفاها ا و اَ مغموران فى آنيتين بهما ماء سطحاه حء و حَ ءَ فيهما مختلفى الارتفاع فان الضغط الذى يكون واقعا من أسفل الى أعلى على طبقة السائل الموجودة داخل المص فى المستوى حء يساوى ضغط الجوّ مطروحا منه عمود السائل و والضغط الذى يقع على الطبقة اَ من المستوى حَ ءَ يساوى ضغط الجوّ مطروحا منه عمود السائل وَ وحيث ان العمود وَ أكبر من العمود و فتكون القوّة التى تدفع الماء فى الفرع القصير أعظم من التى تدفعه فى الفرع الآخر وبذلك يحصل السيلان من ا الى اَ بقوّة مناسبة للفرق بين وَ و و أى للفرق بين ارتفاعى السائل فى الاناءين ويحدث السيلان أيضا اذا كان الفرع الطويل مفتوحا فى الهواء (شكل ١٦٠) فيكفى لاجل ذلك ملء المص ابتداء من السائل المراد نقله ويمكن الوصول لذلك بغمر فرعه القصير فى السائل المراد نقله ومص الهواء من الطرف الآخر فيمتلئ المص بتأثير الضغط الجوّى ويستمر نزول السائل منه بعد رفع الفم مادام سطح السائل فى الآنية التى ينقل منها أعلى من سطحه فى الآنية المنقول اليها

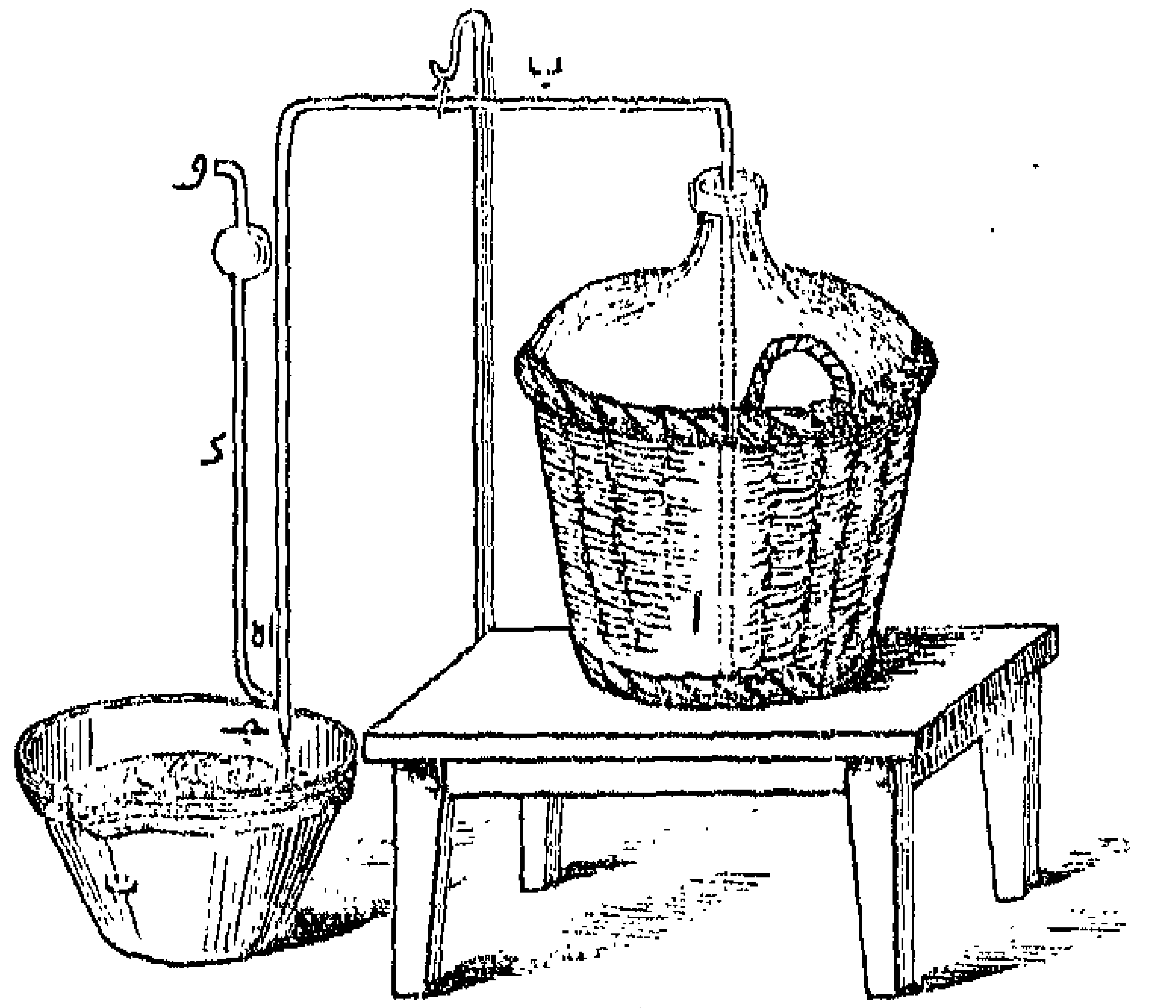


ش ١٦٠



ش ١٥٩

واذا كان السائل المراد نقله يخشى من تأثيره على الفم كالحوامض يستعمل الممص المركب وهو عبارة عن ممص يوجد فيه بالقرب من الفتحة ح (شكل ١٦١) أنبوبة جانبية د و بها كرة ولاستعماله يغمر الفرع القصير فى السائل ويمص منه الهواء بالفتحة و وبعد غلق الفتحة ح بالاصبع فاذا بلغ السائل ا ه ترك الممص وشأنه وأحيانا اذا خشى على الاصبع وضعت حنفية تغلق عند المص وتفتح متى وصل السائل فى الانبوبة الجانبية الى ا ه أو الى الكرة



ش ١٦١

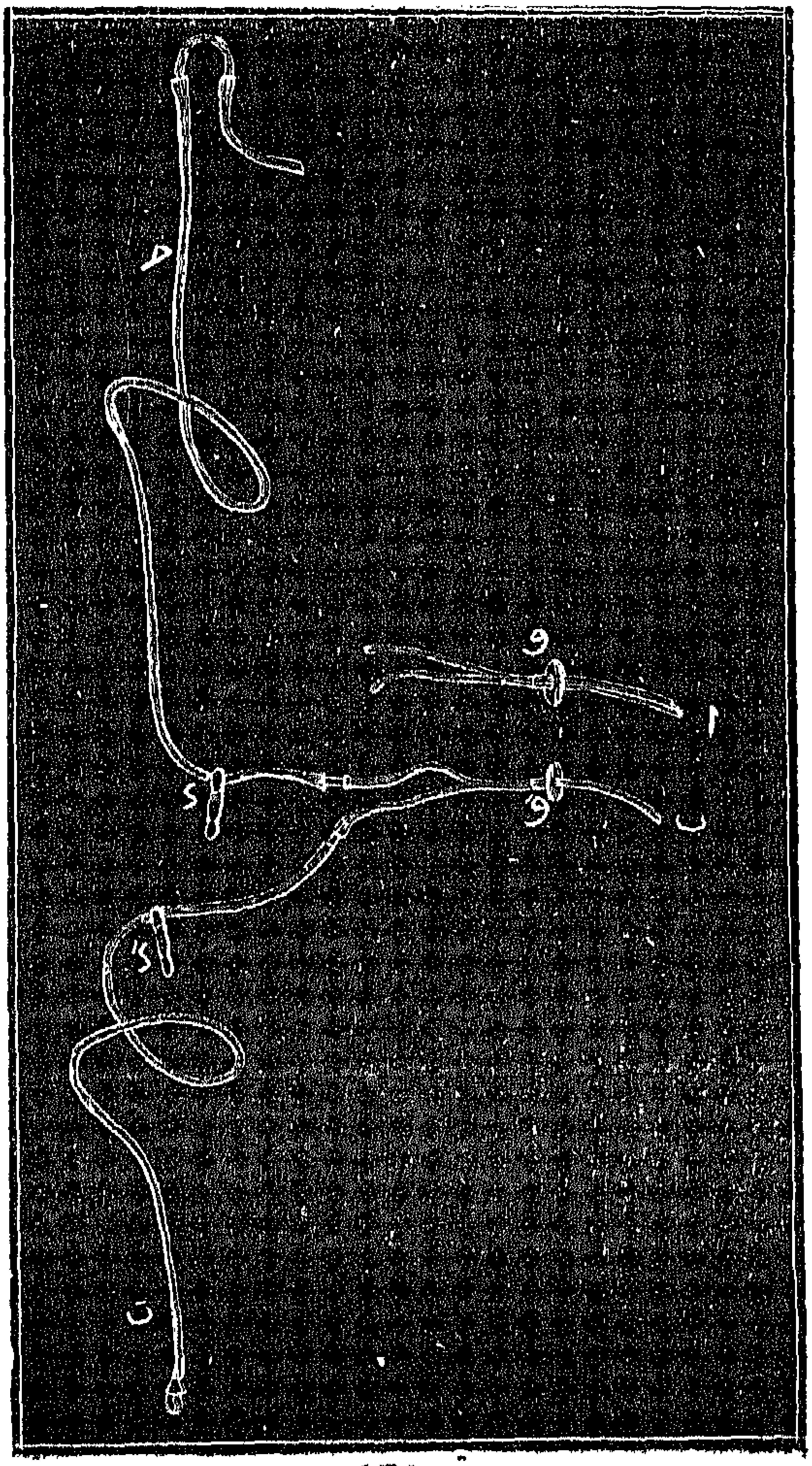
السيلان ذو السرعة الثابتة — فى وضع الممص المرسومة صورته فى (شكل ١٥٩) سرعة سيلان السائل تأخذ فى التناقص بانتظام كلما انخفض سطح السائل فى الاناء ويمكن مع ذلك الحصول على سيلان مستمر بسرعة واحدة وذلك بجعل الاختلاف بين سطحى السائل ثابتا ولاجل ذلك تجعل فتحة الطرف أ فى الهواء وذلك تصير الارتفاع فى الفرع الطويل ثابتا ثم يجعل فى فتحة الطرف القصير أ سابح يجعله تابعا التغيرات سطح السائل الاكثر ارتفاعا فى الاناء ثم يوضع الجهاز فى وضع مناسب لاستناده فيمكن تعليقه فى خيط مار على بكرة وحامل فى طرفه الآخر وزنا

التطبيقات الطبية للممصات — يستعمل الممص فى الطب لغسل الانف والاذن والمعدة و (شكل ١٦٢ و ١٦٣) يدلان على ممص الدكتور (فوشير) المعد لغسل المعدة وهو يتركب من انبوبة من الصمغ المرن فى أحد أطرافها قمع من الزجاج ثم يدخل الطرف الآخر شيأ فشيأ الى حد علامة بارزة على سطحه تدل على وصوله الى المعدة ثم يصب فى القمع كمية السائل الضرورية ويرفع الى أعلى وعند اختفاء آخر كمية من السائل يخفض ثانيا بسرعة لقذف السائل الموجود داخل المعدة الى الخارج

ش ١٦٢

ش ١٦٣

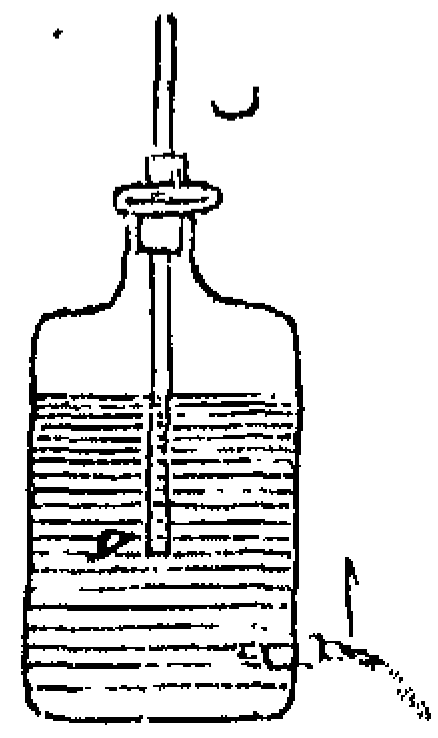
ولغسل البليورا قد استعمل الدكتور (بوتن) الممصين المرنين منضمين الى بعضهما فالفرع الكبير لاحدهما منضم الى الفرع الصغير للآخر كما فى (شكل ١٦٤) فيغمر الفرع الصغير ت للممص الاول فى اناء من الماء الفنيكى المعد لغسل تجويف البليورا وتدخل الفتحة العامة ب فى البليورا وبعد زمن قليل يغلق الممص الاول وبواسطة الثانى ح يستفرغ السائل البليوراوى فيغلق أحدهما ويفتح الآخر على التعاقب يتحصل على فعل هذه العملية جملة مرار والممص المعد لاستفراغ الصديد ليس محتاجا للمثه على حدته لانه يمتلئ من نفسه عقب ملء ممص الغسل وهذا الجهاز يعوض الاجهزة الماصة لكن لا يسمح للعمل تحت ضغط عظيم كالاجهزة المذكورة



ش ١٦٤

وقد تستعمل مصات من الصمغ المرن لاجل الحقن المستمر فى الجروح أو الاجزاء الملتهبة وذلك بوضع قرص من الرصاص فى أحد أطرافها لبقائها فى قاع الاناء الممتلئة بالماء

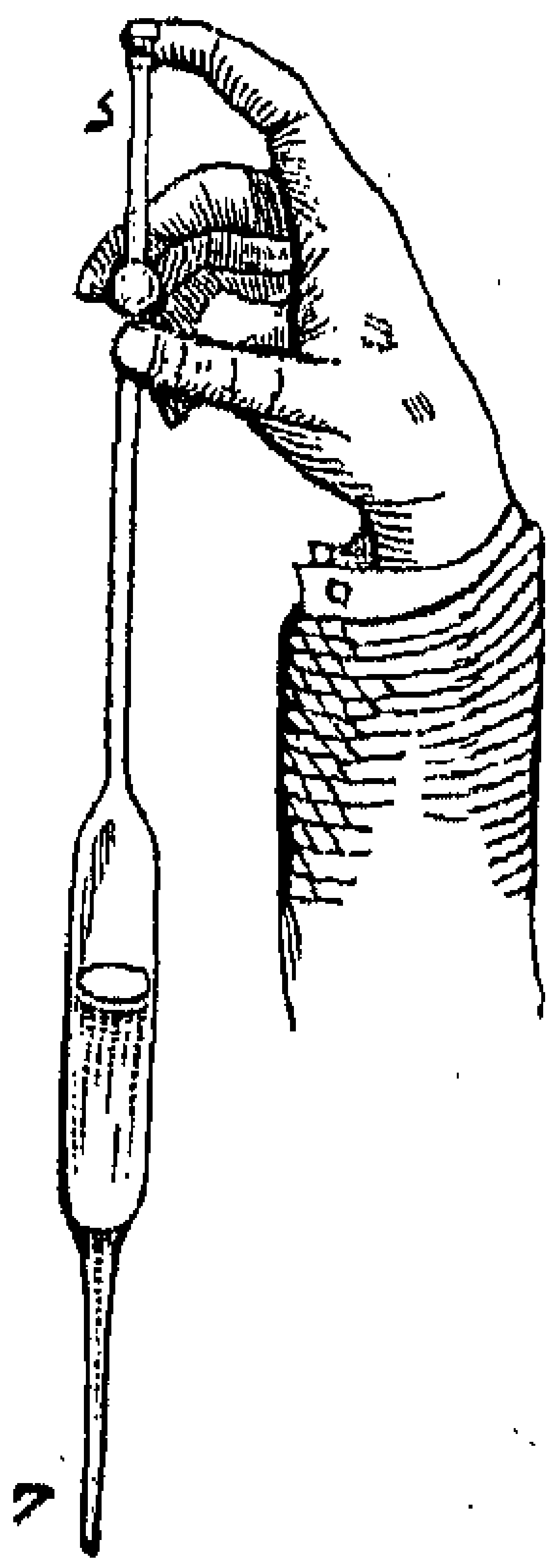
اناء (مريوط) — هذا الجهاز معد لصيرورة سيلان السائل مستمرا بسرعة واحدة وهو يتركب من زجاجة مسدودة بسدادة نافذة فيها أنبوبة مفتوحة الطرفين (شكل ١٦٥) والسائل يسيل من الفتحة ا المفعولة فى الجزء السفلى فاذا فرضنا ان الجهاز ممتلئ ملأ تاما بالماء الى الارتفاع ب وابتدأ خروج السائل فان سطحه ينخفض بسرعة فى الانبوبة الى نقطة ح وسرعة السيلان تنقص وقوة القذف أيضا لكن بعد ذلك يدخل الهواء من الانبوبة ب ح ويتجه الى الجزء العلوى من الاناء وبذلك تصير سرعة السيلان ثابتة ومساوية للتى تعطيها المسافة الرأسية ا ح ويكون الامر كذلك حتى يصل سطح السائل الى المستودع الافقى المار من نقطة ح لانه فى مدة هذا الزمن يكون الضغط فى نقطة ح مساويا للضغط الجوى



ش ١٦٥

ومن السهل جدا الحصول على اناء (مريوط) واذا لم تكن فتحة فى جزئه السفلى استخرج السائل بواسطة مص صاعد من قاع الاناء ونافذ فى السدادة ويعلوه هذا المص بالطريقة المعتادة

البيبيت — هى معدة لنقل السوائل بكمية قليلة وهى مكونة كما فى (شكل ١٦٦) من أنبوبة منتفخة من الوسط وأحد طرفيها ح مدبب فاذا غمر هذا الطرف فى السائل المراد نقله ومص الهواء منها من الطرف ء فان السائل يرتفع فيها لنقص الضغط على سطحه فاذا وضع الاصبع على فتحة الطرف ء ورفعت الانبوبة من السائل بعد جعلها رأسية فلا يسيل السائل منها بسبب ضغط الهواء عليه من أسفل الى أعلى ومتى رفع الاصبع عن الفتحة المذكورة دخل الهواء منها وضغط على سطح السائل فيسيل وكذلك اذا كانت كمية السائل كبيرة وغمرت فيه الانبوبة حتى يتساوى سطحه فى باطنها مع السطح الظاهر ووضع الاصبع على الفتحة ء وسدت بالاصبع كما تقدم يتحصل على النتيجة عينها وفى الغالب لا يحصل المص الا اذا كانت كمية السائل قليلة فى الاناء



ش ١٦٦

تأثير الجـــــزيئـات

المراد منه جملة ظواهر يعبر عنها بالجذب والتنافر اللذين يحصــلان بين الجزيئات الخاصــة بجسم واحد أو جسمين مختلفين متلامســين ومن هــذه الظواهر جمـلة لها أهمية عظيمة وتطبيقات عديدة فى الفسلوجيا ومع ذلك قوانينها غير معلومة جيدا

الجذب بين جزيئات الجوامد — بين جزيئات الجوامد قوة جذب تمنع انفصالها عن بعضها فتبقيها فى حالة الالتصاق وهى الميل ولا تؤثر الا على مسافة قليلة جدا واذا كسر الجامد يكون من النادر التحام القطع بضغط احداها ضد الاخرى فان المسافة بينهما لم تزل كبيرة ويمكن مع ذلك مشاهدتها فى بعض أحوال فمثلا اذا قطعت كرة من الرصاص الى نصفين ثم قربا الى بعضهما مع الملامسة التامة بشرط ان سطحيهما لا يلوثان ولا يتأكسدان شوهد التصاقهما بقوة وتحصل الظاهرة عينها فى لوحين من الزجاج مصقولين جيدا اذا طبق أحدهما على الآخر بالاحكام لكن لا يكون الالتصاق تاما حتى يحصــل التحامهما ببعضهما ومع ذلك قد تحصل جناب (والتراسبرنجل) بواسطة ضغط يختلف من ٢٠٠٠ الى ٦٠٠٠ جو الى احالة بعض المساحيق المعدنيــة الى كتل جامدة وأحيانا متبلورة اندماجها أكثر من التى يتحصل عليها بالسبحان فحينئذ يكفى تقريب الجزيئات المنفصــلة عن بعضها الى مسافة قليــلة جدا حتى يتولد تأثير قوة الجزيئات

وفى الاجسام الرخوة كالشمع الرخو والطفل يكون الجذب كافيا لحصول الالتحام ومن الجواهر ما يلتحم بقوة بالاجسام الاخر لاجل أن يحدث الالتحام وفى بعض الاحيان يكون وجود سائل مسهل للالتحام ويزول فيما بعد وذلك كبعض الاتربة التى تلتصق بالجلد

ميــل السوائل والجوامد للسوائل — بين جزيئات السائل قوة جذب أيضا تحدث انضمامها الى بعضها الا أنها ضعيفة فمثلا اذا غمر قضيب من الزجاج فى اناء مملوء بالماء وأخرج منه شوهد تعلق نقطة من الماء فى طرفه فهــذه التجربة البســيطة تدل فى آن واحد على قوة الجذب بين جزيئات السائل وبينه وبين جزيئات الجسم الصلب وكذلك الشكل الكروى الذى تأخذه بعض نقط الزئبق عنــد سقوطها على نحو طاولة يدل على قوة الجذب بين جزيئات هذا السائل وأيضا اذا حجب سائل عن تأثير الثقل بوضعه فى سائل يسبح فيه مساو لكثافته وغير قابل للاختلاط به شوهد انتشاره فيه على هيئة كرات وذلك مثل الزيت فى مخلوط مكون من الكؤل والماء كثافته متناسبة

امتصاص الجوامد بالجوامد — بعض الاجسام الجامدة يدخل فى مسام بعض الجوامد وذلك مثل النيلج فانه يأخذ من الماء الجير وأزوتات الرصاص المذابة فيه وهذه الخاصية متعلقة بالحالة الطبيعية

امتصاص الجوامد السوائل — من الجوامد ما يمتص السوائل فان بعض الرواسب يحفظ كمية من السائل الذى رسبت منه وذلك مثل كبريتات الباريوم فانه يحفظ مقدارا من أزوتات الصوديوم وكذا الفحم يمتص السوائل مع ارتفاع فى درجة الحرارة غالبا وفحم الخشب المغموض فى محلول الكؤل اميليك فى الكؤل يمتص الاوّل و يتركه اذا قطر مع الماء ويمتص الايثير والكؤل وكبريتور الكربون والبروم أيضا مع تصاعد حرارة

التشرب والامتصاص — اذا وضعت الاجسام المسامية فى سوائل نفذت تلك السوائل فى خلالها وهذه المسافات صغيرة جدا وبذلك تتبع السوائل قوانين الخاصية الشعرية وترتفع فيها أكثر من ارتفاعها بتأثير الضغط الجوّى ويمكن مشاهدة ذلك بالتجربة الآتية المنسوبة الى (جمن) وهى أن يفعل ثقب فى كتلة من الطباشير ويثبت فيه أنبوبة من الزجاج ممتلئة بالهواء مغلقة الطرف العلوى ويوجد فيها من أسفل علامة من الزئبق بكيفية بها يتكوّن عنها مانومتر ذو هواء مضغوط ثم توضع كتلة الطباشير مع الانبوبة فى الماء فيشاهد ارتفاع العلامة شيأ فشيأ وبعد مضى جملة أيام يرى ضغط أزيد من الضغط الجوى ثلاث أو أربع مرات

وليست الاجسام المعدنية فقط هى القابلة للتشرب بل الانسجة المتعضونة أيضا خصوصا بعد الموت ولكن هذه الانسجة لا يتعلق الامتصاص بطبيعتها فقط لانها اذا كانت غير متجانسة اختلف امتصاصها بحسب السطح الملامس للسائل وأغلب الجواهر المتعضونة تكون متشربة بكمية عظيمة من الماء فى الحالة الطبيعية يمكن تجريدها عنها واعادتها اليها ثانيا وبتشرب الجوامد السوائل يزداد حجمها

ويقف التشرب عادة بعد زمن عندما يكون الجامد تشرب كمية كافية أى متى تشبع ومع ذلك فان الظاهرة يمكن أن تستمر اذا كان السائل مدفوعا بضغط ناشئ مثلا عن وزنه وفى هذه الحالة متى دخل من أحد جهات الجسم الجامد خرج من الجهة المقابلة وهذه هى قاعدة الترشيح فاذا كان فى السائل بعض جزيئات جامدة فلا تنفذ معه بالتشرب ويخرج نقيا من الجهة الاخرى من المرشح

امتصاص الجوامد للغازات — فحم الخشب الذى وصل الى الدرجة الحمراء لطرد الهواء منه وطفئ تحت الزئبق يكتسب خاصية امتصاص الغازات بكمية عظيمة فان السنتيمتر المكعب منـه يمتص ١٧٨ سـنتيمتر مكعب من غاز النوشادر و ١٦٦ سـنتيمتر مكعب من حمض الـكلورايدريك وهكذا ووزن الغازات الممتصة يكون متناسبا تقريبا مع الضغط وينقص كلما ارتفعت درجة الحرارة والمعدنيات متمتعة بهذه الخاصـية فالپلاتين وخصوصا اسفنج البـلاتين يمتص الغازات بقوة والفضـة الاسفنجية تمتص الاوكسيجين والحـديد المحمى الى الدرجة الحمراء المعتمة يمتص اوكسـيد الكربون والالومينيوم والمانيزيوم والپـلاديوم تمتص الايدروجين وخصوصا الپلاديوم فانه يمتص كميـة عظيمة منه الا أنه تتكوّن عنهما مركب حقيقى

ذوبان الجوامد والغازات

ذوبان الجوامد فى السوائل — أغلب الجوامد اذا وضع ملامسا لسائل معلوم اسـتحال الى السـيولة بحيث تتكوّن عنهما مخلوط متجانس وهـذا هو الذوبان وهذه الظاهرة تكون مصحوبة عادة بانتشار كميـة عظيمة من الحرارة و يمكن ان يحصـل اتحاد بين الجامد ومذيبه والذوبان فيه تشابه عظيم مع السيحان الذى سنذكره فيما سيأتى فى الحرارة

ذوبان الغازات فى السوائل — اذا وضعت الغـازات ملامسـة للسـائلات امتصت فى الغالب وكونت مخلوطا سائلا يسمى الذوبان ويكون مصحوبا غالبا بتصاعد حرارة وكميـة الغاز المذابة بحجم من السائل تتعلق بطبيعة الغاز والسائل وكذلك الحرارة والضغط

والمعنى بقابلية الذوبان للغاز بالنسبة للسائل حجم هذا الغـاز المقاس فى درجة الصفر وتحت الضغط ٧٦ سنتيمتر الذى يمكن أن يذيبه لتر من السـائل فى الشروط عينها من الضغط والحرارة وهـذه القابلية تنقص متى ارتفعت درجة الحرارة وفى الحالة التى لم يحصـل فيها أدنى تفاعل كيماوى بين الغاز والسائل يحصـل الذوبان بموجب القانونين الآتـيين الاوّل منهـما ذكره (هانرى) سنة ١٨٠٣ والثانى (دالتون) سنة ١٨٠٥

فالاوّل — وزن الغاز الذى يذيبه السائل فى درجة حرارة معينة يكون متناسبا مع الضغط الذى يحدثه هذا الغاز على السائل بعد الامتصاص

والثانى — اذا وجد مخلوط جملة غازات مع سائل فكل منها يذوب بمناسـبة الضغط الذى يحدثه فى حالة ما اذا كان منفردا وشاغلا وحده حجم المخلوط

فهذان القانونان يدلان على أن المحلول يفقد جميع غازه إما فى الفراغ أو فى جو غير محدود من غاز مغاير لغازه وكذلك يحدث الغلى المستطيل النتيجة عينها والجوامد المصهرة بتأثير الحرارة يمكن أن تذيب الغازات فان أوكسيد الرصاص والفضة المصهرة يذيبان الاوكسيجين ومتى تجمدت الفضة تتركه يتصاعد وهى حالة التصخر

مخلوط السوائل (الاسموز)

مخلوط السوائل وتخللها ـ بعض السوائل يكون غير قابل للمزج حتى ولو بالمخض وذلك كالماء والزئبق وبعضها بخلاف ذلك أى انها تختلط بكل كمية متى مخضت مع بعضها وذلك بفرض أن ليس لها تأثير كيماوى على بعضها وفى هذه الحالة يشاهد نقصان فى الحجم وذلك مشاهد فى الكؤل والماء وان لم يحصل تغير فى الحجم فيمكن معرفة الوزن النوعى للمخلوط بسهولة من معرفة وزن السوائل المراد خلطها ووزنها النوعى وكذلك يعلم ان بعض السوائل لا يذيب الا بعض كميات من السائل الاخر فمثلا الماء لا يذيب الا $\frac{1}{10}$ من وزنه من الايتير

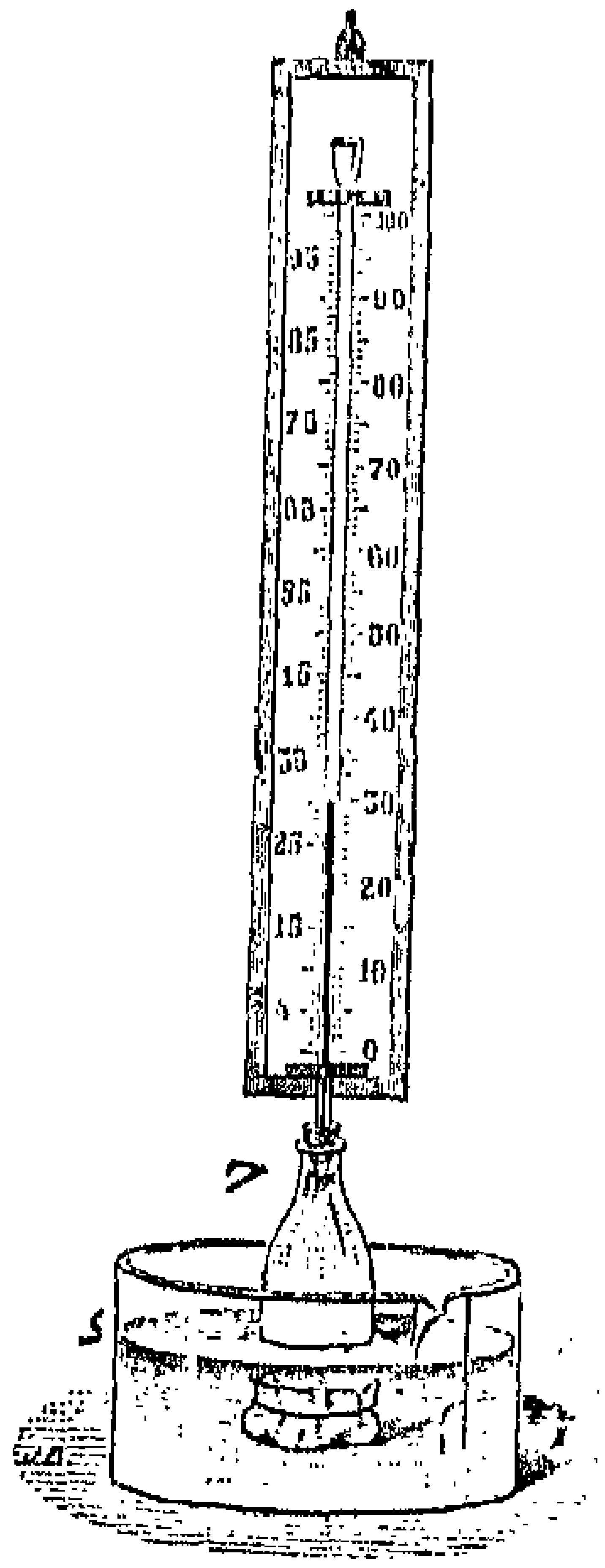
وأما السوائل القابلة للمزج فانها تمتزج ببعضها حتى لو وضعت فوق بعضها بالترتيب على حسب كثافاتها بدون مخض وهذا هو التخلل فاذا فرضنا مثلا اناء قاعه ممتلئ بالماء وأدخل فيه بلطف بواسطة بيبيت كمية من سائل أكثر كثافة كمحلول ملحى مثلا وترك الجهاز فى مكان حرارته ثابتة وأخذ منه زمنا فزمنا مقدار قليل من ارتفاعات مختلفة من الاناء شوهد أن السائلين يختلطان ببعضهما شيأ فشيأ لانه يلزم أحيانا لتمام الاختلاط جملة أشهر ويشاهد الاختلاط بوضوح تام اذا وضع حمض الكبريتيك وصبغة عباد الشمس الزرقاء فوق بعضهما فان هذه الصبغة تستحيل الى حمراء ويشاهد انتشار هذا اللون شيأ فشيأ أعلى وأسفل السطح الفاصل بين السائلين

وتجربة (جراهام) و (مارينياك) وغيرهما دلت على أن سرعة التخلل تختلف كثيرا باختلاف طبيعة الجواهر فلاجل المحاليل الملحية وزن الملح الذى يتخلل فى زمن معين يظهر أنه يكون متناسبا مع درجة التركيز أعنى مع وزن الملح المذاب فى كل ليتر من الماء خمسين فى المائة على الاقل وسرعة التخلل تزداد بازدياد الحرارة أيضا

وقد دلت التجربة على ان ملح الطعام والاملاح المعدنية والسكر والبولينا وجميع الجواهر المتبلورة وبعض السوائل كحمض الكلورايدريك والكبريتيك وغيرها أو كما شاهد (سنتكليرديفيل) ان الاجسام القابلة للذوبان حقيقة هى الاكثر قابلية للصهر

وقد سماها (جراهام) الاجسام القابلة للتبلور وسميت الاجسام غير القابلة للتبلور بالجواهر التى لاتتخلل أو تتخلل قليلا وذلك مثل الزلال والتنين والسكر المحروق والهلام وماشابهها أعنى الاجسام التى تتكوّن مع الماء هلاما وليس محلولا حقيقيا

التخلل من خلال الغشاء (الاسموز) — اذا كان سائلان قابلان للاختلاط ببعضهما وفصل بينهما بغشاء عوضا عن وضعهما فوق بعضهما على حسب كثافتهما أمكن ان يختلطا أيضا اذا كان أحدهما يندى الغشاء على الاقل وهذه الحالة المخصوصة من التخلل تسمى أوسموز

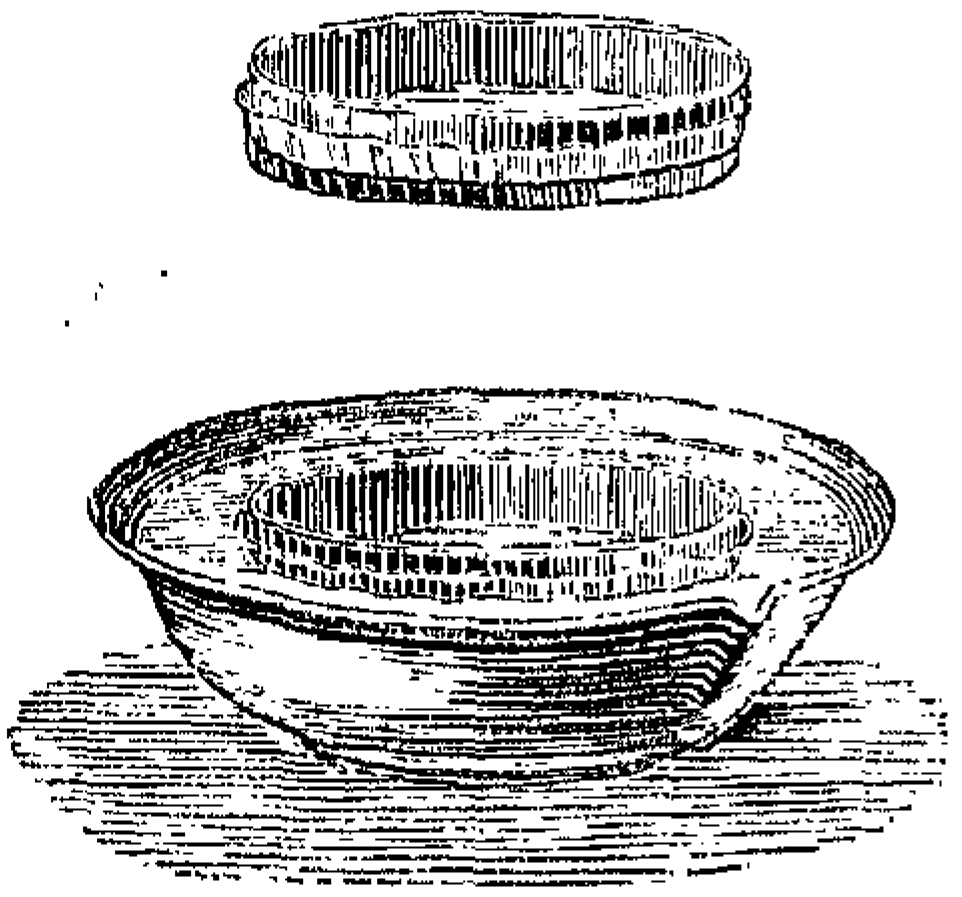

ش ١٦٧

وقد درسها (دوتروشيه) بواسطة الاندوسمومتر المنسوب اليه وهو عبارة عن اناء صغير من الزجاج ح قاعه مكون من غشاء مسامى ونافذة فى سدادته أنبوبة مستقيمة رأسية (شكل ١٦٧) مقسمة الى أجزاء متساوية فاذا وضع الكؤل فى هــذا الجهاز الصغير ووضــع فى اناء ى ممتلئ بالماء شوهد ارتفاع السائل فى الانبوبة وفى الحقيقة حصل من خلال الغشاء تياران من السائل مختلفا الشدة والاتجاه لكن التيار الذى نفذ من الظاهر الى باطن الجهاز هو الاكثر شدة وزاد حجم السائل الباطن وتفسر هــذه الظاهرة بفرض ان السائل الظاهر هو الذى يندى الغشاء فيــدخل فى الجهاز بالتشرب ويلامس الآخر ويتشرفيــه كما شاهدنا واذا كان السائلان يندبان الغشاء يتولد تيــار مزدوج والاوسموز يشابه بكثرة التشرب ويكــون منقادا لقوانينه وكذلك الجواهر القابلة للتبلور تنفذ أكثر من الجواهر غير القابلة له

وسرعة النفوذ تختلف باختــلاف طبيعــة الغشــاء وتزداد بازدياد الحرارة وبالتشرب تحصــل جميع تغيرات السوائل فى جميع الكائنات الحية وهذه الخاصيــة لها أهمية عظمى فى نموها

الديالبز — قد جعل هذا الاسم (جراهام) لطريقة مخصوصــة من التحليل مؤسسة على تخلل السائلات و (الديالبزور) يتركب من اناء من الزجاج (شكل ١٦٨) قاعه مغلق بالورق غير المنشى مشــدودا جيدا وفيه يوضــع طبقة رقيقة من مخلوط مكوّن من جسم قابل للتبلور وآخر غير قابل له ثم يوضع على اناء آخر ممتلئ بالماء فالجسم القابل للتبلور ينفذ من خلال الورق

ويتجه ليذوب فى الماء الخارج وأما غير القابل للتبلور فيبقى فى الاناء الاول وبهذه الكيفية يمكن تحضير زلال الدم والپيپتون وأملاح وغيرها وكذا فصل السموم القابلة للتبلور كحمض الزرنيخوز والاستريكنين وغيرها عن غير القابلة للتبلور كالزلال والمواد المخاطية ونحوها التى وجودها يعيق البحث الطبى المحكمى وهذه الطريقة مهمة لعدم خلط السائل الواقع عليه البحث باى جوهر كشاف وقد طبق الديالز (دوبرانفو) على استخراج السكر



ش ١٦٨

مخلوط واوسموز الغازات

اختلاط الغازات وتخللها — الغازات أكثر اختلاطا بعضها من السائلات بالنسبة لقابلية انتشارها ومهما كانت كثافتها فلا يمكن ان غازين يبقيان موضوعين فوق بعضهما بدون اختلاط وقد أوضح هذا (برتوليه) بتوصيله قبابتين موضوعتين فوق بعضهما بواسطة أنبوبة ضيقة العليا تحتوى على الايدروجين الذى هو أخف من الانيدريد كربونيك المحتوية عليه القبابة السفلى بنحو عشرين مرة والجهاز كان موضوعا فى كهف رصدخانة (باريس) لان حرارته ثابتة فبعد مضى زمن وجد أن القبابتين مملوأتان بمخلوط متجانس من الغازين وان الضغط لم يتغير

ومتى خلط كتلتان أو جملة من غازات فان قوة المخلوط المرنة يعينها القانون الآتى الذى ذكره (دالتون) وليس هو الا تعميما لقانون (مريوط)

القوة المرنة لمخلوط غازى تساوى مجموع القوى المرنة لكل غاز على حدته اذا كان يشغل المسافة التى يشغلها المخلوط

والتجربة التى فعلها (برتوليه) المذكورة آنفا تحقق هذا القانون

اوسموز الغازات — الغازات كالسائلات تختلط ببعضها اذا فصلت عن بعضها بغشاء مسامى وسرعة المرور تختلف بحسب طبيعة الغازات وتكون منقادة الى القانون الآتى

سرعة مرور الغازات المختلفة من خلال حاجز مسامى تكون على النسبة العكسية من الجذر التربيعى لكثافتها

ويمكن ايضاح هذه الخاصية للغازات بواسطة اناء مسامى يسد بسدادة مارة فيها أنبوبة طويلة مستقيمة فيقلب الجهاز ويوضع طرف الانبوبة فى سائل ملون فاذا غطى الاناء بناقوس ممتلئ بالايدروجين شوهد دخول الايدروجين فى الاناء قبل خروج الهواء منه نظرا لخفته ولازدياد الضغط يخرج الهواء من السائل على هيئة فقاعات من الجزء السفلى واذا رفع الناقوس حصلت الظاهرة بالعكس فيخرج الايدروجين بسرعة أكثر من سرعة دخول الهواء ثانيا و يحصل فراغ جزئى فيرتفع السائل فى الانبوبة بالمص

وتنفذ الغازات فى بعض الاجسام التى ليس لها مسام واضحة والاغشية السائلة وفى هذه الحالة يعتبر كأن السائل ذاب فى الغشاء وتصاعد ثانيا من الجهة الاخرى فى المسافة الخالية عن هذا الغاز ولهذا السبب تنتفخ الفقاعة التى من رغوة الصابون الممتلئة بالهواء الموضوعة فى الانيدريد كربونيك شيأ فشيأ حتى تنفجر

ومن المعدنيات كالحديد والحديد الظهر والپلاتين الواصل الى الدرجة الحمراء ما يترك الغازات للمرور وأكد ذلك المعلم (كاييه) بالتجربة وهو أن أخذ قطعة من ماسورة بندقية وسحبها فى المسحاب ثم وضعها فى فرن من فحم الخشب المتقد فى درجة حرارة مرتفعة فشاهد أن قطعة الماسورة المسحوبة قد أخذت شكلها الاصلى وذلك ناشئ عن نفوذ الغازات المتصاعدة من البورة فيها وعلى هذه الخاصية يكون مضرا جدا استعمال الوجاقات التى من الحديد الظهر عندما تصل الى درجة الاحمرار فان أوكسيد الكربون ينفذ من المعدن وينتشر فى الهواء المحيط

الايتموليز — الاوسموز يسمح لفصل جزء من الغازات غير المتساوية فى الكثافة أو يزيد فى المخلوط مقدار أحد الغازات المكونة له فهذا الانفصال الغازى بالتخلل يسمى ايتموليز فيمرر المخلوط الغازى فى انبوبة من الجر المسامى محاطة بانبوبة من الزجاج يكون حاصلا فيها الفراغ دائما

فالغازات الاخف تنفذ بسرعة من الانبوبة المسامية والمخلوط يصير محتويا على الغاز الاكثر ثقلا فالهواء الجوى المار بكمية قدرها ١/٢ ليتر فى الساعة يمكن أن يحتوى على أربعة وعشرين فى المائة من الاوكسيجين و يحصل الانفصال بسهولة عظيمة فى المخلوط المكون من الاوكسيجين والايدروجين

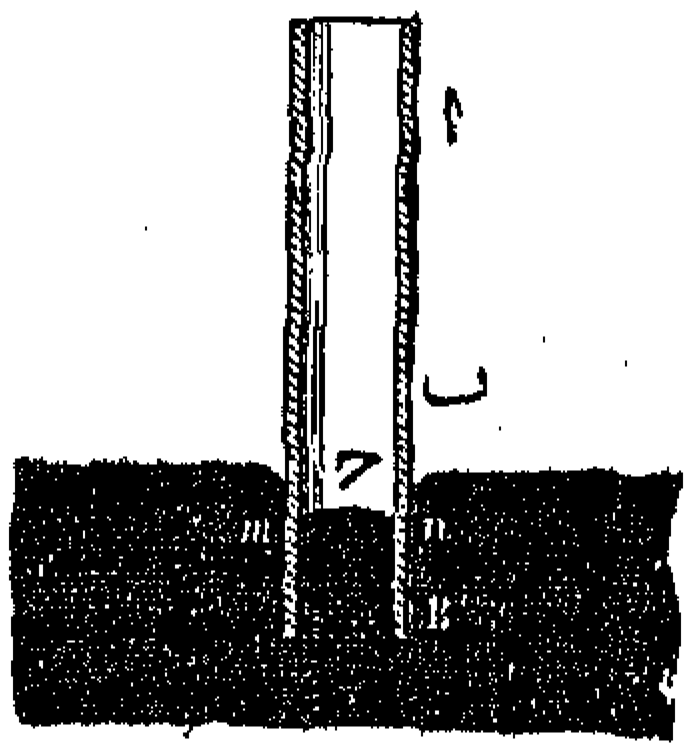
تخلل المحاليل الغازية — الاغشية العضوية تترك الغازات تمر منها وتخلل هذه الاجسام له أهمية عظيمة فى الفسيولوجيا وكذلك يحصل الاوسموز فى المحاليل الغازية فمثلا فى التنفس

عند الانسان والحيوانات الارضية يحصل تبادل الغازات بين الهواء والدم ومن المعلوم ان جزأ من حمض الكربونيك مذاب فى الدم والجزء الآخر فى حالة الاتحاد وهذا مايضاعف النظرية زيادة وفى تنفس الاسماك يحصل التبادل بين محلولى الدم والاوكسيجين المذاب فى الماء

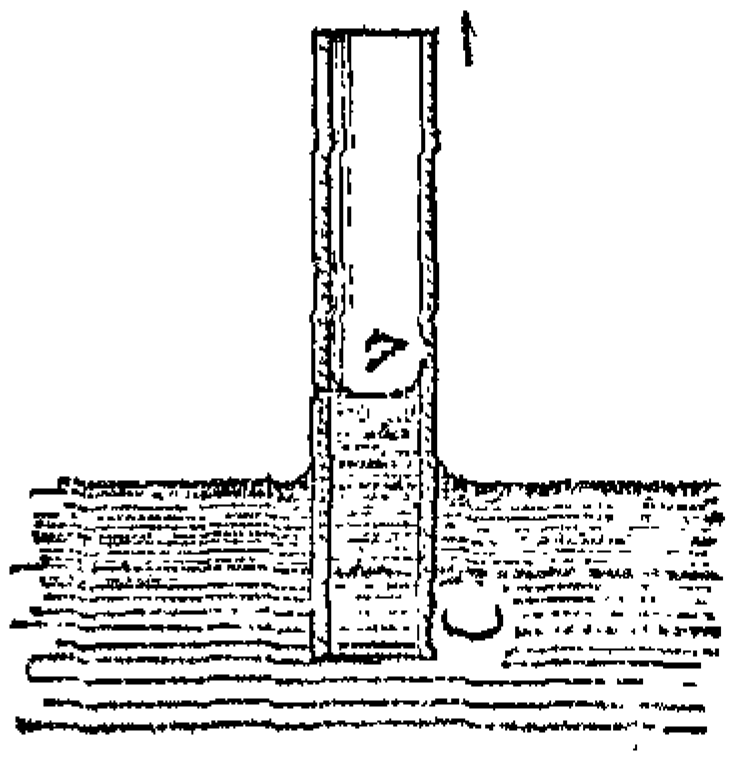
الخاصية الشعرية

ظاهرة الخاصية الشعرية — يطلق هذا الاسم على بعض ظواهر ناتجة من ملامسة الجوامد للسوائل وتشاهد على الاخص فى أنابيب ذوات قطر ضيق جدا وهذه الظواهر التى تظهر أنها مخالفة لقوانين موازنة السائلات هى نتيجة جذب يحصل إما بين جزيئات السائلات فى نفسها وإما بين هذه الجزيئات والاجسام الصلبة والجزء الذى يختص بها من الطبيعة يسمى الخاصية الشعرية

ومن المعلوم أن السطح العارى للسائل يكون عادة مستويا ولكن لا يكون الامر كذلك اذا كان ملامسا الجدر جامدة فاذا كان السائل يندى الجدران كوّن عند ملامسته سطحا منحنيا مقعرا من أعلى يسمى القرص المقعر ح (شكل ١٦٩) فى الانبوبة أ ب وهذا مايشاهد فى الماء والكول ونحوهما مع الزجاج واذا كان السائل لا يندى الجدران فان السطح الانتهائى له يكون محدبا من أعلى ح كما فى (شكل ١٧٠) فى الانبوبة أ ب وهو القرص المحدب وذلك كالزئبق مع الزجاج والماء مع الاجسام الدسمة وأحيانا لا يتكوّن القرص وذلك نادر والسطح العارى يبقى مستويا الى أن يلامس الجامد وذلك كالماء مع الصلب المصقول والذى دل على تفسير هذه الظاهرة هو (نيوتون)

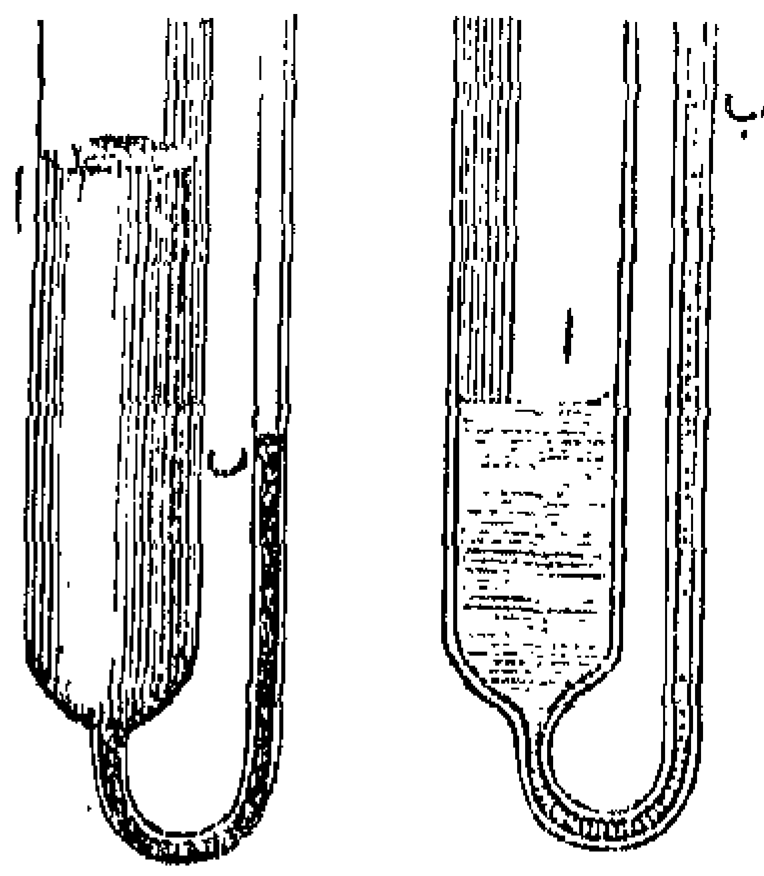


ش ١٧٠



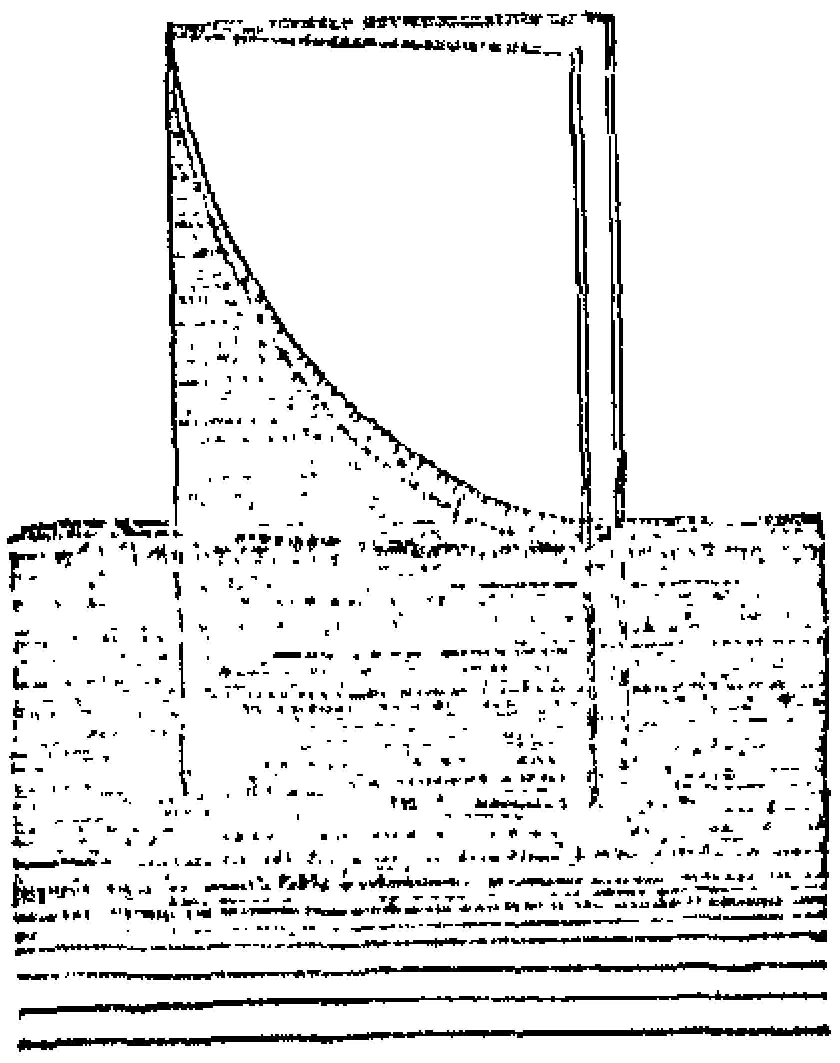
ش ١٦٩

ومعلوم لنا أيضاً أن سطح السائل العاري في الاواني المستطرقة يبعضها يكون في مستو واحد أفقي وهذا القانون لا يكون أكيداً اذا كان أحد الانابيب مستدقاً أو شعريا أي قطرها يشبه قطر الشعرة فيشاهد حينئذ أن السائل يرتفع زيادة في الانبوبة الشعرية ب اذا نداها ويكون منخفضا فيها اذا لم يندها (شكل ١٧١) ويكون الامر كذلك اذا غمرت أنبوبة شعرية في سائل كما في (شكل ١٧٠) فيكون السطح مقعرا اذا كان مرتفعا ومحدبا اذا كان منخفضا

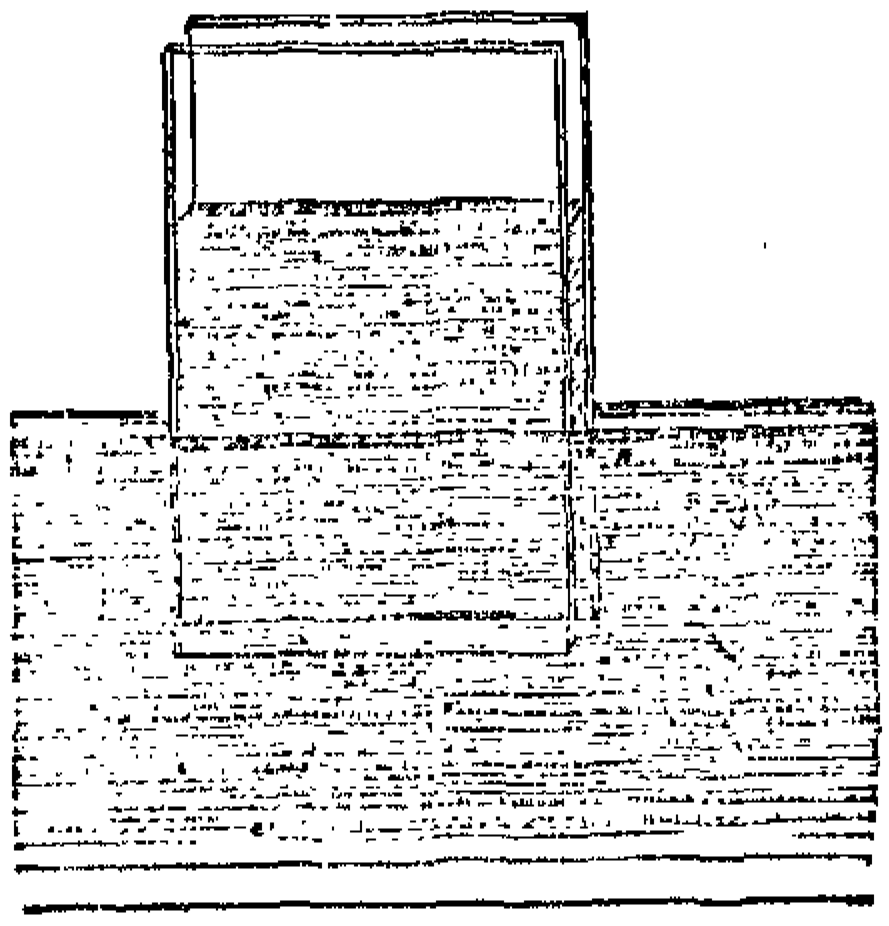


ش ١٧١

وكذا تحصل ظاهرة مشابهة لذلك بين صفيحتين متجاورتين لكن يكون الانخفاض والارتفاع أقل مما في الانابيب واذا كانت الصفائح متوازية كما في (شكل ١٧٢) فان السائل يرتفع أو ينخفض بكمية واحدة في جميع امتدادها ومقدار الارتفاع يزداد بصغر المسافة بينهما واذا كانت الصفيحتان متلامستين بحافتين رأسيتين (شكل ١٧٣) فان السائل يرتفع في الزاوية الزوجية التي تتكون منهما بمقادير تزداد بالقرب من الحافتين المتلامستين و ينتهي بقطع زائد متساوي الاضلاع



ش ١٧٣



ش ١٧٢

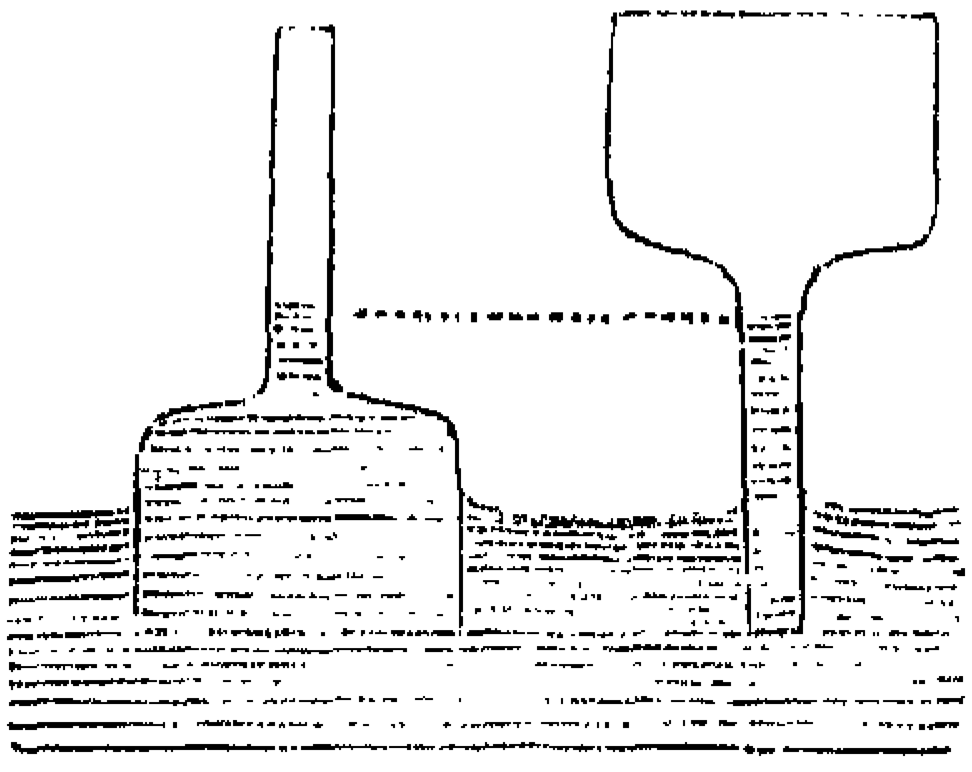
قوانين الظواهر الشعرية — قد دلت التجربة على أن الظواهر الشعرية تحصل في الفراغ أو في الهواء المضغوط كما تحصل في الضغط المعتاد وان الارتفاع والانخفاض لا يكونان على حسب عكس الوزن النوعي بل يكونان متعلقين بطبيعة الانبوبة والسائل فحينئذ لا تكون الظواهر الشعرية ناشئة عن ضغط الهواء ولا الثقل ولا يمكن تفسيرها الا بتأثير الجزيئات

وأول من فسر النظرية هو (لابلاس) ولا يمكنا هنا اعطاء التوضيحات النظرية لذلك بل نختصر على القوانين التى تنقاد اليها

وهى ان الارتفاعات والانخفاضات فى الانابيب يوضحها قانون (جورن) وهو ان ارتفاع أعمدة السائل الواحد يكون على النسبة العكسية من قطاع الانابيب

وهذا القانون صار تحقيقه بالنسبة للارتفاعات

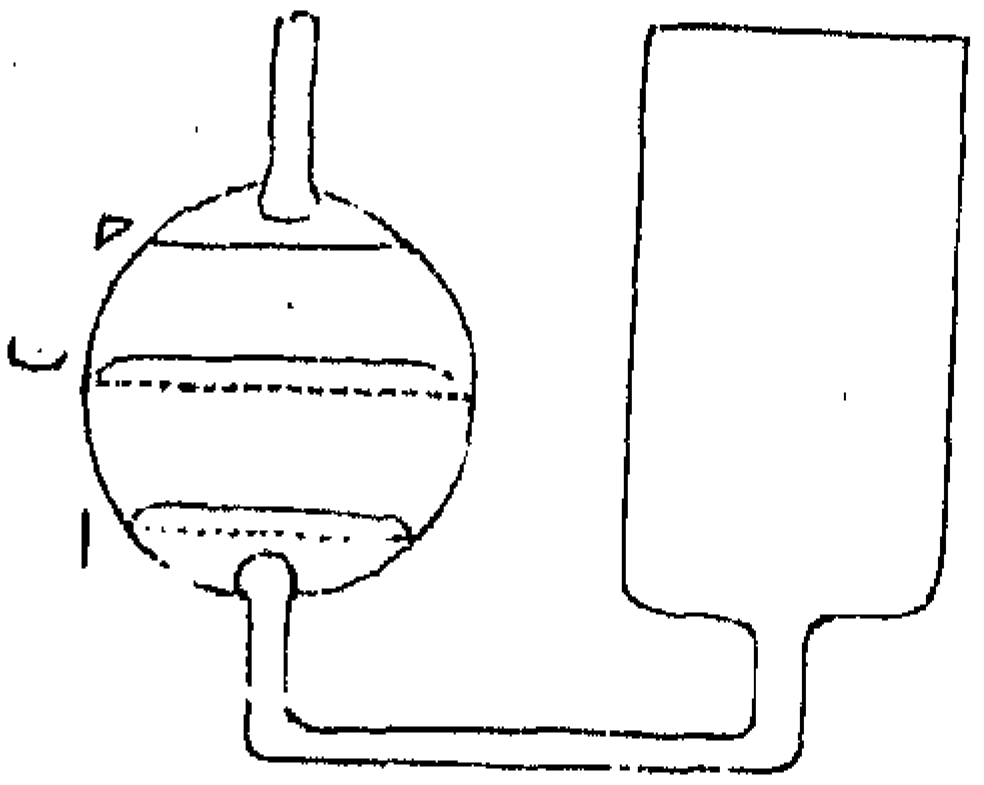
والتجربة دلت على ان ارتفاع السائل المرتفع يتعلق بقطر الانبوبة فقط الى انتهاء السطح ولا يتعلق بشكلها فى الجزء السفلى فمثلا اذا غمر ناقوس صغير يعلوه انبوبة شعرية فان السائل يرتفع فيه الى الارتفاع الذى يصل اليه اذا كانت الانبوبة وحدها هى المغمورة كما فى (شكل ١٧٤)


ش ١٧٤

وبين الصفيحتين المتوازيتين يكون ارتفاع السائل نصف ما يصل اليه فى انبوبة قطرها مساو للمسافة بين الصفيحتين

فقانون (جورن) ينطبق أيضا على الصفائح المتوازية لكن الارتفاعات تكون دائما أقل مرتين عما فى الانابيب وسطح السائل بين الصفيحتين يكون أكثر ارتفاعا كلما كانت الصفيحتان أكثر قربا من بعضهما ويتضح ذلك بسهولة بالشكل الذى يدل عليه السطح بين صفيحتين مائلتين

زاوية التوافق — الزاوية التى يكونها سطح السائل مع الجدر الصلبة تكون دائما واحدة مهما كان شكل هذه الجدر وذلك كالزئبق والزجاج فان هذه الزاوية تكون نحو ٤٥ درجة ويمكن تحقيقها بوضع الزئبق فى الجهاز الصغير (شكل ١٧٥) ففى نقطة ا تكون حافة السائل رأسية وفى نقطة ب تكون مائلة نحو ٤٥ درجة ومتى وصلت الى ح يفقد القرص أعلى هذا الحد ويصير مقعرا



ش ١٧٥

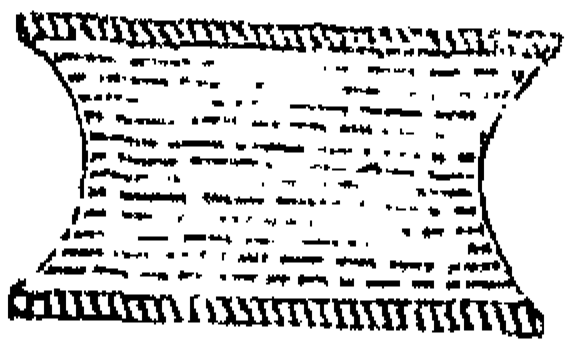
التوتر السطحى للسائل — نظرية الظواهر الشعرية التى لا يمكن توضيحها هنا تدل على أن السطح العارى للسائل يكون دائما كأنه مغطى بغشاء رفيع مشدود من الصمغ المرن

يغلفه بالتحكيم فيميل دائما لاتخاذ الشكل الذي يكون عليه سطحه في مقابل القوة التي تحدث هذا التأثير التوتر السطحي للسائل

و يوجد جملة تجارب تساعد على وجود التوتر السطحي للسائل نذكر منها ما هو أكثر بساطة وهو اذا انفخت فقاعة من الصابون في طرف أنبوبة وتركت بعد ذلك ونفسها بدون انفصالها من الانبوبة فتوتر السطح يحيل حجم الفقاعة شيأ فشيأ ويطرد الهواء منها في الانبوبة ويستدل عليه بوضع لهب شمعة أمام فتحة هذه الانبوبة

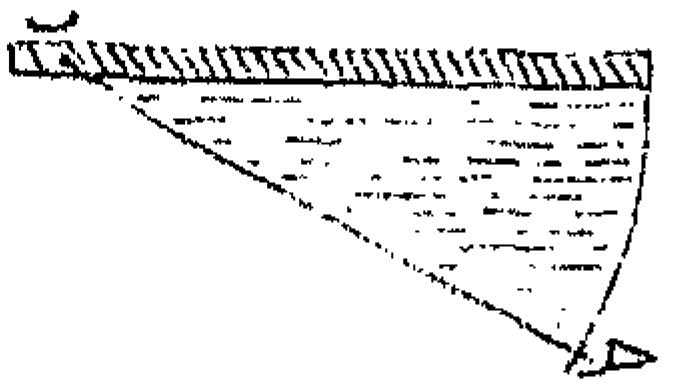
واذا أخذت ورقة رقيقة قائمة الزوايا وجعلت على شكل علبة حافاتها مرتفعة بقدر سنتيمتر ثم ندى الجداران الطويلان بالماء ثم بعد جعلهما رأسيين يصب الماء في باطن العلبة المذكورة فيشاهد في الحال انعطاف الجدارين المذكورين الى الداخل ولو أن الضغط المائي يميل الى ابعادهما

واذا أخذ ساقان صغيرتان من الخشب ذواتا طول واحد وموضوعتان متوازيتين منضمتان من طرفيهما بخيطين من الحرير بحيث يتكون عنهما مربع فاذا غمر هذا الجهاز في سائل لزج مثل محلول الصابون الكؤلي المضاف اليه قليل من الجليسرين ليتكون عنه سطح مستمر في جميع باطن المربع فالتوتر السطحي يقرب الساقين و يعطف الخيطين الى الداخل على هيئة أقواس من دائرة (شكل ١٧٦)



ش ١٧٦

واذا أخذت صفيحة من الخشب أو من معدن ا ب (شكل ١٧٧) تحمل خيطين معدنيين أحدهما وهو ا ح منحن على هيئة قوس دائرة والآخر ب ح يدور حول نقطة ب ثم تطلى الصفيحة ا ب والاخيطة بسائل يحتوي على الجليسرين حتى يمكن ضمها بحويصلة مستمرة فاذا ترك الخيط ب ح ونفسه شوهد أن التوتر السطحي يقربه من الصفيحة ا ب رغما عن تأثير الثقل

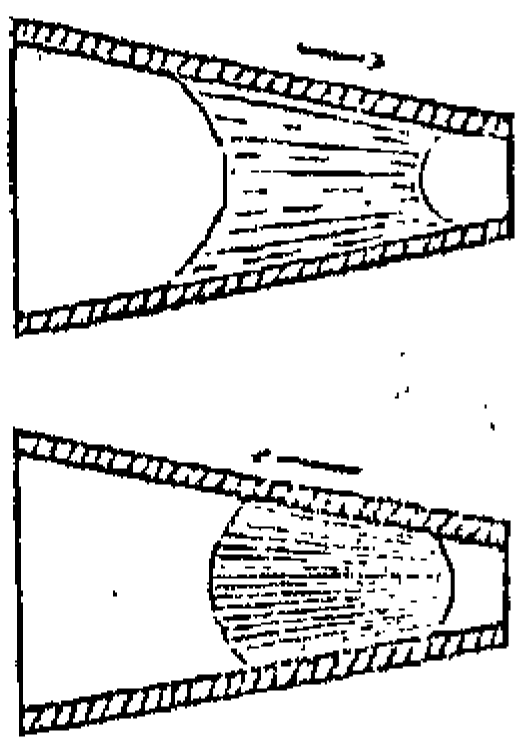


ش ١٧٧

واعتبار التوتر السطحي يسمح بتفسير جميع الظواهر التي ذكرناها

الحركات الناشئة عن التأثير الشعري — من الظواهر التي تؤكد الحركات الشعرية انه اذا أخذت نقطة من سائل وأدخلت في أنبوبة مخروطية اتجهت نحو قمتها اذا كانت الانبوبة منداة وتبعد عنها اذا لم تكن منداة كما في (شكل ١٧٨) وهذه النتيجة تفهم بسهولة اذا استعمل غشاء مرن موضوع على دائرة أنبوبة وذلك لاجل المقارنة فالمجهود الذي يفعله هذا الغشاء

لاستقامته يكون أعظم كلما كان السطح أكثر انحناء والقوة العظمى تؤثر حينئذ على السطح الاكثر قربا من القمة ويشاهد زيادة على ذلك ان الغشاء الذى يميل للاعتدال بعد تغير شكله يجذب السائل فى الحالة الاولى أى اذا كان مندا لمحوقة الانبوبة ويبعده فى الحالة الثانية أى اذا لم يندّه


ش ١٧٨

وكذلك الكرتان السابحتان على سطح سائل تتجه احداهما الى الاخرى اذا كان السائل يندّيهما معا وذلك مثل الكرات التى من الفلين السابحة على سطح الماء أو لم يندهما معا وذلك مثل كرات الفلين على سطح الزئبق أما اذا ندى احداهما فقط حصل بينهما تنافر وذلك اذا وضع على سطح الماء كرتان من خشب الفلين احداهما مغطاة بطبقة من النيلج

وتشاهد النتائج عينها فى صفيحتين متوازيتين مثبتتين بحافتيهما العليا فى عمدين يسمحان لهما بالتقارب والتباعد

الاجسام السابحة بتأثير الخاصية الشعرية — متى وضع جسم صغير الحجم على سطح سائل لا ينديه فان التأثير الشعرى قد يكون فى بعض الاحيان قويا جدا حتى يمنعه من الانغمار رغما عن وزنه ويمكن تحقيق ذلك بوضع ابرة رفيعة على سطح الماء مع الاحتراس بعد دلكها بين الاصابع لتغطيتها بطبقة رقيقة من مادة دسمة ولهذا السبب يمكن بعض الحشرات المشى على سطح الماء لان أرجلها مدهونة بطبقة من المادة الدسمة يمكن رفعها بالغسل بالايتير ومتى زالت تلك المادة فقدت هذه الخاصية أيضا

السبحة ذات الفقاعات الهوائية — من الظواهر الشعرية ظاهرة غريبة دل عليها (جمن) وهى انه اذا أخذت أنبوبة ضيقة محتوية على نقط مائية منفصلة عن بعضها بفقاعات هوائية فان جميع النقط تكوّن فى الطرفين أقراصا مقعرة ذات شكل واحد وفقاعات الهواء تكون جميعها تحت الضغط الجوّى فاذا وصل أحد أطراف الانبوبة بمستودع ذى هواء مضغوط والآخر مفتوح فى الهواء المطلق فان الكرات القريبة من المستودع تبعد عنه بتأثير الضغط وأقراصها تتقعر زيادة فى الجهة المؤثر فيها الضغط المذكور وهذا التغير فى الشكل يدل على أن كل نقطة لاتنقل الاجزأ من الضغط التى تقبله فيأخذ حينئذ فى النقصان شيأ فشيأ الى أن ينتهى الى جزء تكون فيه النقط غير متأثرة به لا فى شكلها ولا فى وضعها فالسبحة التى من هذا النوع يمكنها أن تحمل ضغطا قدره اثنان أو ثلاثة جو بدون أن تنقله ويمكنها أيضا حفظ الفراغ

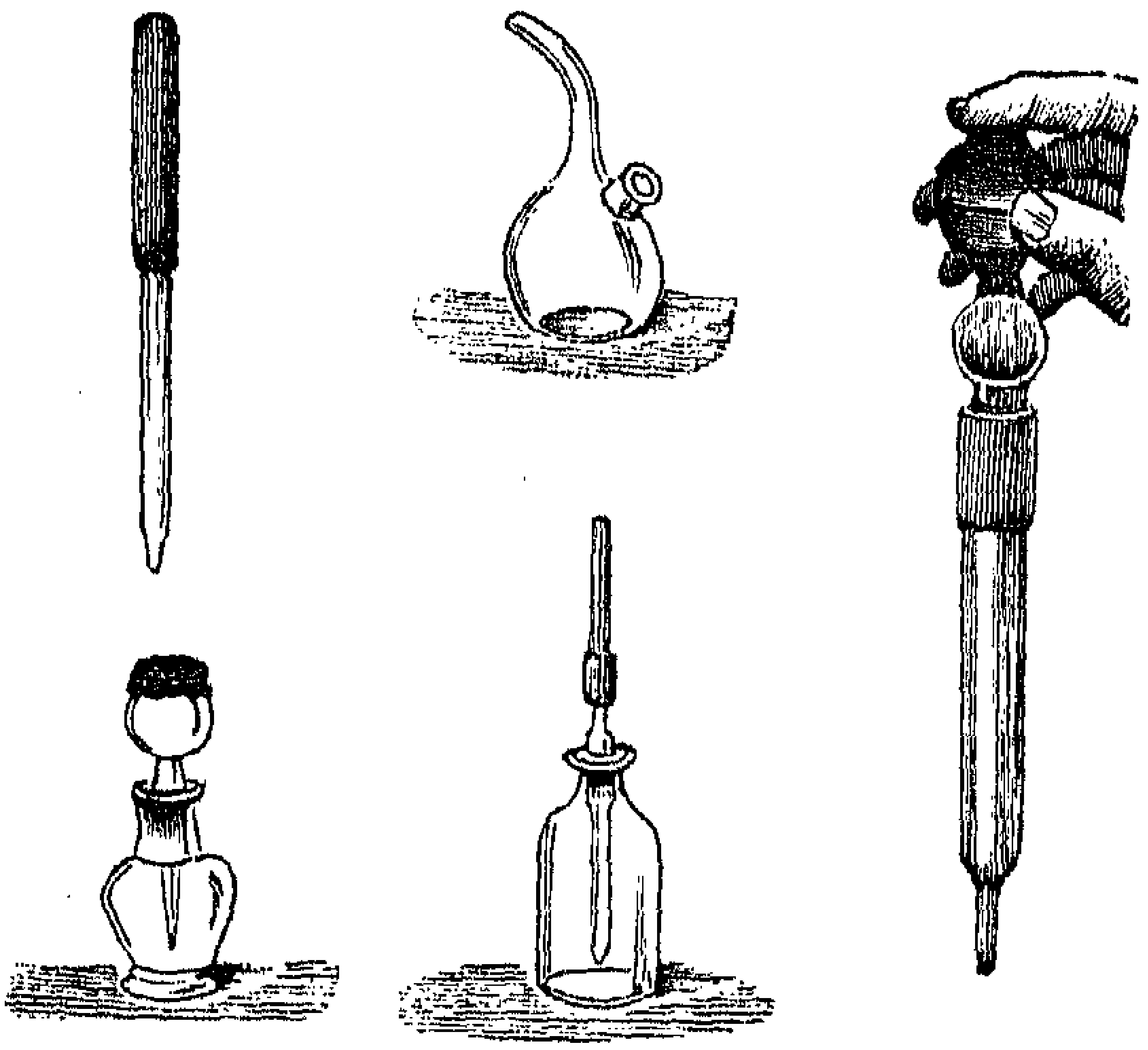
وتحصل الظاهرة عينها أحيانا متى دخل الهواء فى وعاء دموى قطره صغير و يعلم مما تقدم أن ضغط القلب لا يمكن أن ينتقل فى هذه الحالة فتقف الدورة

عدادات النقط ــ متى سال سائل من فتحة ضيـقة كافيـة فان السيلان يحصل نقطة فنقطة وكل من هذه النقط يكبر شيأ فشيأ ثم يختنق و ينقطع على حافة الملامسة ومن المشاهد

١ ان وزن نقط السائل يكون متناسبا مع محيط الفتحة

٢ وزن نقط الفتحة يكون متناسبا مع التوتر السطحى للسائل

وعدادات النقط مستعملة فى الطب و (شكل ١٧٩) يدل على جملة أنواع منها وشكلها يدل على كيفية استعمالها



ش ١٧٩

(تم الجزء الاول و يليه الجزء الثانى وأوله الكلام على الكهربائية)

فهرست

الجـــــزء الاول

من

كتاب النزهة العقليـــة في الطبيعة الطبيـــة

(فهرست الجزء الاول من كتاب النزهة العقلية في الطبيعة الطبية)

صحيفة
٢ خطبة الكتاب
٣ تعريف الطبيعة
٤ تقسيم علم الطبيعة — المادة وخواصها — الحيز — عدم التداخل
٥ التجزى أى قابلية الانقسام — المسام
٧ استعمال المسام — قابلية الضغط — المرونة
٨ استعمال المرونة — التمدد — الانيرسيا أى القصور الذاتى — الخواص العامة للاجسام
٩ الخواص العامة للاجسام الصلبة — قابلية الانضغاط والمرونة
١١ قابلية الطرق والانسحاب
١٢ المتانة — الخواص العامة للسائلات
١٥ الخواص العامة للغازات
١٦ الحركة واعتبارها — الحركة المنتظمة التغير وتزايد السرعة
١٧ الحركة الدورية — تعين الحركة بالرسم — جهاز الرسم
١٨ قياس شدة القوى
٢٠ تركيب القوى المؤثرة على نقطة
٢١ تركيب القوى المؤثرة على جسم صلب — القوى المتوازية
٢٢ حالة مجموع أى قوى — المفاصل
٢٤ القوة الثابتة تحدث حركة منتظمة التغير — نسبة القوى الى السرعة والكتل
٢٥ شغل القوة — الآلات البسيطة
٢٦ الروافع
٣١ السطح المائل
٣٢ أهمية الآلات
٣٣ نظرية القوة الحية — الشدة
٣٤ المقاييس — نوع الوحدات
٣٥ آلات القياس — قياس الاطوال — القرنييه
٣٨ البرمة الميكرومترية
٣٩ الاسفيرومتر — آلة التقسيم

(تابع فهرست الجزء الاول من كتاب النزهة العقلية في الطبيعة الطبية)

صحيفة
٤٠ التثاقل - اتجاه الثقل
٤١ مركز الثقل
٤٢ مركز ثقل جسم الانسان
٤٣ موازنة الاجسام الكثيفة
٤٥ ميخانيكية الوقوف
٤٦ المشى - الجرى
٤٧ الاودوجراف - قياس الاوزان والكتل - الموازين
٤٩ الميزان المعتاد
٥٢ أنواع الموازين - ميزان (روبرڤال) - (ميزان كنتز)
٥٣ الميزان الرومانى أى القبان - التطبيقات الطبية للموازين
٥٤ سقوط الاجسام - تأثير الهواء فى سقوط الاجسام
٥٥ قوانين سقوط الاجسام - آلة (أتود)
٥٧ جهاز (مورن)
٦٠ آلة (بوربوز)
٦١ البندول البسيط ونواميسه
٦٣ البندول المركب
٦٤ استعمال البندول كمنظم للساعات الدقاقة
٦٥ شدة الثقل
٦٦ تشابه الثقل والجذب العام - الايدروستاتيك
٦٨ المكبس الايدروليكى
٦٩ الضغط الناشئ عن تأثير الثقل وحده - تغير الضغط مع الارتفاع
٧٠ تساوى الضغط فى جميع الجهات لسطح مستو - استواء الاسطحة العارية - الضغط الواقع على أى جزء - الضغط من أسفل الى أعلى
٧١ الضغط من أعلى الى أسفل
٧٢ الضغط على القاع غير الافقى
٧٣ البارم المائى - موازنة السائلات فى الاوانى المستطرقة ببعضها

(تابع فهرست الجزء الاول من كتاب النزهة العقلية في الطبيعة الطبية)

صحيفة

٧٤ السطح الفاصل بين سائلين
٧٥ تطبيق الاواني المستطرقة ببعضها
٧٦ قاعدة ارشميد
٧٨ السباحة وحركة الاسماك
٧٩ الوزن النوعي والكثافة
٨٢ الاريومترات ـ أريومتر (نيكولسن)
٨٣ أريومتر (فرانهيت)
٨٤ أريومتر (بوميه)
٨٥ الاريومتر المئيني (لغيلوسالك)
٨٦ مقياس الجوم والكثافات ـ مقياس الكثافة (لروسو)
٨٧ مقياس الكثافة (لباكيه) مقياس اللبن
٨٨ جدول الاوزان النوعية للسوائل والجوامد
٨٩ موازنة الغازات ـ كثافة الهواء ـ الضغط الجوي
٩١ تجربة (تورسللي)
٩٢ البارومترات
٩٣ البارومتر المعتاد ـ البارومتر ذو الطشت
٩٤ بارومتر (فورتن)
٩٥ البارومتر ذو الممص
٩٦ البارومتر ذو وجه الساعة
٩٧ البارومترات المعدنية ـ تصليح القياسات البارومترية ـ قياس الارتفاعات بواسطة البارومتر
٩٨ تأثير الضغط الجوي وتنوعاته
٩٩ تطبيق قاعدة (ارشميد) على الغازات
١٠٠ تأثير الدفع على الاوزان وعلى سقوط الاجسام ـ القباب الطيارة
١٠١ مانعة السقوط
١٠٢ قانون (ماريوط)

(تابع فهرست الجزء الاول من كتاب النزهة العقلية فى الطبيعة الطبية)

صحيفة

١٠٣ تحقيق قانون (مريوط)

١٠٤ قانون (مريوط) غير محكم

١٠٥ المانومترات — المانومتر ذو الهواء الخالص

١٠٦ المانومترات المعدة لقياس ضغط الدم — الهموديناموستر

١٠٨ هيمومتر (ماجندى) — كارديومتر (كاوت برنار)

١٠٩ المانومتر المكافئ المنسوب الى (ماريه) — المانومتر الاختلافى (لكاوت برنار) — المانومتر ذو الهواء المضغوط — المانومتر المعدنى

١١٠ الكيموجراف المنسوب الى (فيك)

١١١ البولى جراف

١١٣ مقياس الاحجام

١١٤ الآلات المفرغة وآلات الضغط

١١٧ حد الفراغ — استعمال جسمى الطلمبه

١١٨ المانومتر — طريقة (بابنيه)

١١٩ الآلة المفرغة الزئبقية

١٢١ تطبيقات الهواء المتخلخل والمضغوط — المحاجم

١٢٢ الايدروديناميك

١٢٣ انقباض سلسول السائل — تركيب سلسول السائل

١٢٤ تأثير الانابيب — الخراطيم — السيلان من الانابيب

١٢٥ السيلان من الانابيب الشعرية — تأثير الانابيب المرنة

١٢٦ كيفية سير الدورة

١٢٧ الهموايدرومتر

١٢٨ قوة الدم فى المجموع الشريانى

١٢٩ النبض — الاسفجموجراف

١٣٠ الطلمبات — الطلمبة الماصة

١٣١ الطلمبة الكابسة

١٣٢ الطلمبة الماصة الكابسة — طلمبة الحريق

(تابع فهرست الجزء الاول من كتاب النزهة العقلية في الطبيعة الطبية)

صحيفة
١٣٣ التطبيقات الطبية ـ الحقن ـ الكايزوبومب ـ حاقن (اجيزييه)
١٣٤ أجهزة نقل الدم ـ الحاقن
١٣٥ جهاز (ريشاردسون)
١٣٦ الاجهزة الماصة ـ جهاز (ديولافوا)
١٣٧ المصات
١٣٨ السيلان ذو السرعة الثابتة ـ التطبيقات الطبية للمصات
١٤١ اناء (مريوط) ـ البيبيت
١٤٢ تأثير الجزيئات ـ الجذب بين جزيئات الجوامد ـ ميل السوائل والجوامد للسوائل
١٤٣ امتصاص الجوامد بالجوامد ـ امتصاص الجوامد السوائل ـ التشـــرب والامتصاص
١٤٤ امتصاص الجوامد للغازات ـ ذوبان الجوامد والغازات ـ ذوبان الجوامد في السوائل ـ ذوبان الغازات في السوائل
١٤٥ مخلوط السوائل (الاسموز)
١٤٦ التخلل من خلال الغشاء ـ الدياليز
١٤٧ مخلوط وأوسموز الغازات
١٤٨ الايتموليز ـ تخلل المحاليل الغازية
١٤٩ الخاصية الشعرية
١٥٠ قوانين الظواهر الشعرية
١٥١ قانون (جورن) ـ زاوية التوافق ـ التوتر السطحي للسائل
١٥٢ الحركات الناشئة عن التأثير الشعرى
١٥٣ الاجسام السابحة بتأثير الخاصية الشعريه ـ السبحة ذات الفقاعة الهوائية
١٥٤ عدادات النقط

(تمت الفهرست)

Bibliotheca Alexandrina
0573491